

DK531231

CD-RP15405  
A

REPUBLIQUE DU MALI

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

INSTITUT D'ECONOMIE RURALE

---

ETUDE MORPHOPEDOLOGIQUE DU PLATEAU MANDINGUE  
(CERCLE DE KITA ET REGION DE FALADIE)  
AU 1/200.000

EN VUE DE SON DEVELOPPEMENT AGRICOLE

R A P P O R T

CIRAD-DIST  
Unité bibliothèque  
Lavalette

I. R. A. T.  
INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES  
TROPICALES ET DE CULTURES VIVRIERES  
PEDOLOGIE

M. BROUWERS  
M. RAUNET  
1976

CIRAD



\*000079166\*

REPUBLIQUE DU MALI  
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL  
INSTITUT D'ECONOMIE RURALE.

---

ETUDE MORPHOPEDOLOGIQUE DU PLATEAU MANDINGUE  
(CERCLE DE KITA ET REGION DE FALADIE)  
AU 1/200.000  
EN VUE DE SON DEVELOPPEMENT AGRICOLE

R A P P O R T

20 FEV. 2006

I. R. A. T.  
INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES  
TROPICALES ET DE CULTURES VIVRIERES  
PEDOLOGIE

M. BROUWERS  
M. RAUNET  
1976



## RESUME

Le présent rapport rend compte des caractères surtout physiques des paysages et sols du cercle de KITA et de la région de FALADIE intéressant le développement agricole. Les résultats de l'étude sont synthétisés dans une carte morphopédologique au 1/200.000 qui est accompagnée d'une légende exhaustive.

L'étude est fondée sur la mise en évidence des liaisons qui existent entre, d'une part les matériaux et l'organisation topographique d'unités de paysages appelées "formes" et d'autre part les facteurs commandant ou influant les processus morphodynamiques et pédologiques, l'utilisation actuelle des sols et les contraintes au développement agricole.

Cette étude synthétise donc les connaissances morphopédologiques des régions du MALI comprises entre les isohyètes 900 et 1300 mm et développées sur des grés infracambriens car elle rend compte de l'influence du climat et du régime hydrique actuel sur les sols et leurs possibilités agricoles, de l'évolution différentielle que subi cette région du Sud au Nord depuis le tertiaire et la manière dont tout cela se reflète dans la distribution des différentes formes de paysage pour dégager ainsi les données nécessaires à l'établissement de plans de développement et de recherche d'accompagnement.

A cette échelle d'étude, et pour une si vaste région, les possibilités et les contraintes au développement des différentes unités de paysage ont forcément du être exprimées d'une manière globale. Elles devront être précisées en collaboration avec des spécialistes des autres disciplines intéressées dès que les voies et buts du développement agricole seront déterminés à l'aide des résultats de cette étude.

## LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

- Fig. 1 : Carte de situation au 1/1000.000
- 2 : Situation du périmètre sur la carte des régions agricoles du MALI
- 3 : Croquis structural des bassins versants du Sénégal et de la Gambie (d'après MICHEL)
- 4 : Tranchée du chemin de fer à KITA
- 5 : Schéma des surfaces étagées du Plateau Mandingue
- 6 : Variations climatiques et eustatiques au quaternaire (d'après MICHEL)
- 7 : Précipitations par décade avec fréquence de dépassement 20, 50 et 80 % à KITA, TOUKOTO, FALADIE et KENIEBA
- 8 : Précipitations annuelles depuis la création des postes de KITA, TOUKOTO, FALADIE, SIRAKORO
- 9 : Relations Moyen-glacis - bas-glacis - croupe carapacée
- 10 : Liaisons spatiale entre les différentes terres agricoles (avec dénomination vernaculaire)
- Tab. 1 : L'évolution géomorphologique antéquaternaire des bassins du Sénégal et de la Gambie (d'après MICHEL)
- 2 : Schéma morphoclimatique et hypothèse chronologique du Quaternaire ancien et moyen (d'après MICHEL)
- 3 : L'évolution géomorphologique dans le bassin du Sénégal au Quaternaire récent selon les fluctuations du climat et du niveau de la mer (d'après MICHEL)
- 4 : Paramètres climatiques de la station de KITA
- 5 : Précipitations mensuelles et annuelles moyennes
- 6 : Précipitations annuelles depuis la création des postes de SAGABARI, SIRAKORO, KITA, FALADIE et TOUKOTO
- 7 : Caractères chimiques et physico-chimiques des sols du bas-glacis.



## CONCLUSION

Les possibilités pour un développement agricole du Plateau Mandingue sont grandes car une portion importante de ce territoire malien est occupée par des sols limoneux profonds, sans obstacles physiques à un enracinement profond et situés sur des pentes faibles. Cette unité de paysage dénommée "bas glacis" occupe dans le centre et le nord entre 10 et 40 % des paysages et pénètre dans le Sud le long des principales rivières.

Ces sols sont largement sous exploités et cela de deux manières. Surtout dans l'Ouest et le Sud au-delà de KITA ; ces sols sont encore peu utilisés et les jachères y sont longues ; ailleurs, les jachères sont le plus souvent courtes, mais les rendements médiocres car les variétés et les techniques culturales sont très traditionnelles et ne permettent donc pas de profiter au maximum des possibilités qu'offrent ces sols.

Il nous paraît possible de décupler dans les prochaines décennies la production agricole si tous les moyens sont mis en oeuvre tant sur le plan technique que social. Outre l'introduction de variétés, d'espèces et des techniques culturales adaptées, il sera nécessaire de conduire des essais pour déterminer les fumures optimales à chaque stade d'intensification et surtout d'étudier de quelle manière ces résultats doivent être adaptés aux différentes conditions hydrologiques et types de sols présents à l'intérieur du bas glacis et cela en tenant compte des caractéristiques du climat et des variations dans les précipitations du Nord au Sud.

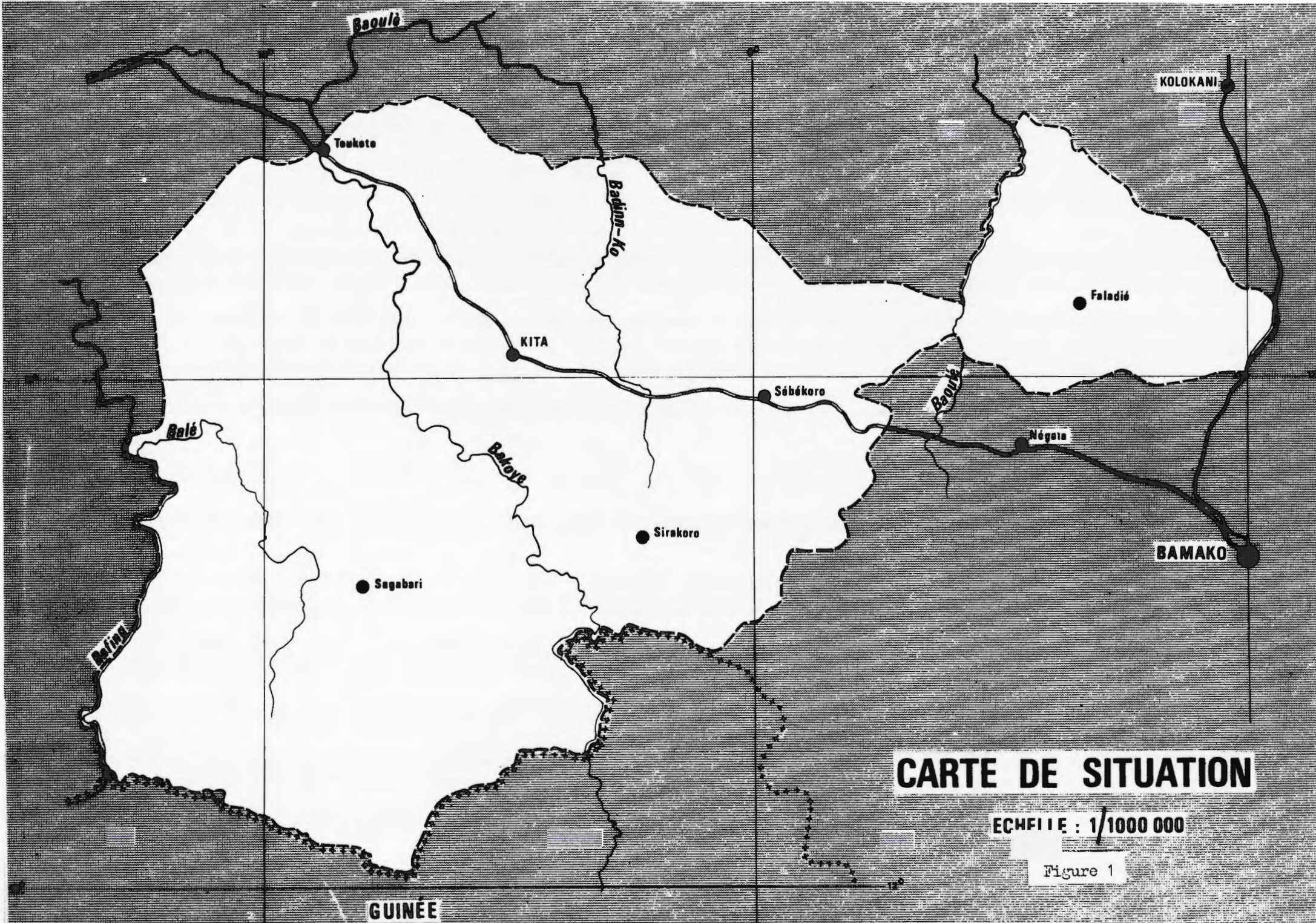
Pour atteindre cette optimisation des possibilités agricoles il sera probablement nécessaire de maîtriser les mouvements de la nappe phréatique à l'intérieur du bas glacis par un système de drainage.

Les possibilités agricoles des autres unités et types de paysages sont nettement plus réduites, surtout dans le sud, en raison de la médiocre qualité des sols ; peu profonds ou même squelettiques et discontinus sur carapace, cuirasse ou grés. Elles ne se prêtent qu'à une exploitation très extensive pastorale surtout (et cela exclusivement en hivernage) à la rigueur, une utilisation forestière, mais dont la productivité sera facile. Ces unités et types de paysages occupent une large partie du Plateau Mandingue.

Dans le Sud, et en une moindre mesure dans le centre existent des versants à sols souvent profonds délimitant des reliefs et buttes tabulaires, parfois des bassins versants différents ou formant les versants des ravins. Une utilisation agricole plus intensive de ces sols actuellement encore largement boisés peut être envisagée mais aura à tenir compte des contraintes particulières de ces milieux, notamment celles découlant de la forte pente et de la nature gravillonnaire des sols.

Le développement du Plateau Mandingue doit aller de pair avec un approfondissement des connaissances des différents milieux et la mise au point des techniques permettant d'utiliser au mieux les possibilités qu'elles offrent.







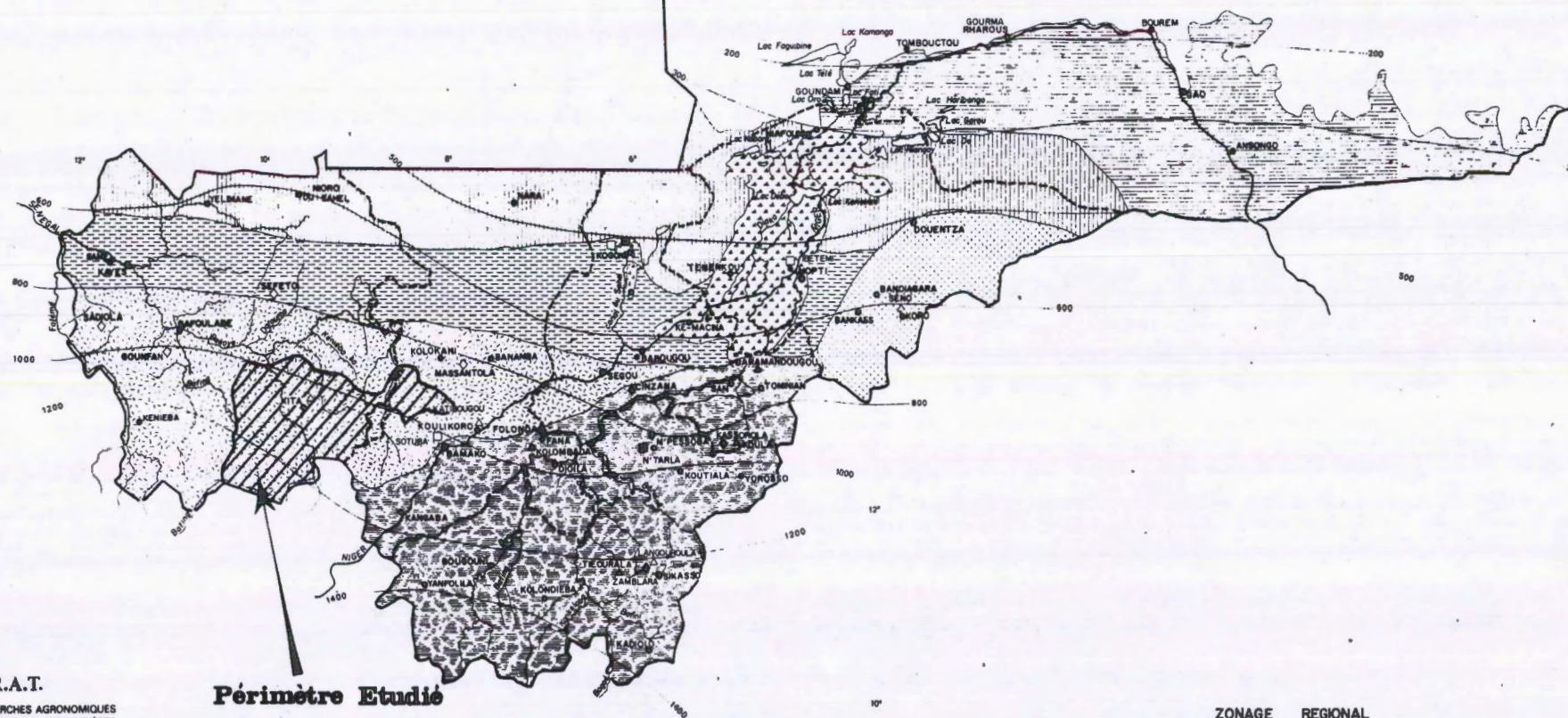
# RÉPUBLIQUE DU MALI

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT RURAL

INSTITUT D'ECONOMIE RURALE

DIVISION DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

## LES GRANDES SITUATIONS AGRICOLES



I.R.A.T.

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES  
TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIÈRES

d'après G. VALLÉE 1976

LABORATOIRE DE CARTOGRAPHIE  
S. Boudou - C. Gaud - L. Huet - J.-P. Rault

Périmètre Etudié

ZONAGE REGIONAL

	ZONE I	- Blé, pâturage (Riz / sorgho de décrue).
	ZONE II	- Maïs, niébé et (Sorgho précoc).
	ZONE III	- Maïs, arachide / niébé.
	ZONE IV	- Sorgho précoc, arachide (47-10) et (niébé).
	ZONE V	- Arachide (28-206). Maïs / sorgho.
	ZONE VI	- Colza / dah, sorgho / maïs.
	ZONE VII	- Riz (Blé - maraichage).

ÉCHELLE

Fig. 2



## 1ère PARTIE : PRESENTATION DE L'ETUDE

### 1. BUT ET ORIGINE DE L'ETUDE

Dans le cadre du projet BIRD de développement de la culture arachidière et des cultures vivrières au Mali, l'Institut d'Economie Rurale (I.E.R.) du Ministère de la Production de la République du Mali a confié à l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et de Cultures Vivrières (IRAT) l'étude morpho-pédologique de 22.300 km<sup>2</sup> en un seul tenant, répartis dans le cercle de KITA et de KOLOKANI.

D'après les termes de la convention, l'étude devrait aboutir à l'établissement :

- d'une carte au 1/200.000 faisant apparaître les types de milieu existants, caractérisés par leur organisation topographique, les processus d'évolution tant morphogénétiques que pédogénétiques, les contraintes physiques à la mise en valeur et les grandes options possibles pour le développement agricole.
- d'un rapport mettant en évidence les principaux processus de morphogénèse et pédogénèse existants et décrivant les caractères fondamentaux des unités différenciées.

Cette étude fournira ainsi les premiers éléments surtout physiques du milieu naturel nécessaire à la conception et l'exécution de plans de développement agricole et aidera la recherche agronomique à adapter ces programmes aux particularités de la région.

Les résultats de cette étude sont consignés dans ce rapport, son annexe et dans la carte morpho-pédologique au 1/200.000 qui y est jointe.

Les limites de l'étude ont été fournies par l'Opération Arachides et Cultures Vivrières (O.A.C.V.), organisation à laquelle est confié le développement agricole de la région cartographiée.

## 2. PRESENTATION GENERALE DE LA REGION

La région cartographiée s'étend sur 22.300 km<sup>2</sup> entre les méridiens 8° et 10°30'W et les parallèles 12° et 13°30'N à l'ouest de BAMAKO. Elle couvre le cercle de KITA (sauf les forêts classées dans le nord et l'est de ce cercle) et les secteurs FALADIE de l'OACV dans le cercle de KOLOKANI (figure 1).

La ville de KITA (9°30'W - 13°N) avec ses 11.000 habitants\* est le centre le plus important. Elle est située le long du chemin de fer BAMAKO-DAKAR qui traverse le cercle de l'est au nord-ouest. Des pistes, généralement impraticables en saison des pluies, relient les principaux villages à KITA ou à des villages situés le long du chemin de fer. De FALADIE partent plusieurs pistes reliant ce secteur à Négala et la route Bamako-Kolokani.

Les populations sont Bambara à l'est de Kita, Malinké à l'ouest.\*\* Elles vivent essentiellement de l'agriculture qu'elles pratiquent encore en grande partie en cultures itinérantes à longue jachère sauf autour et au nord de Kita et autour de Faladié où les jachères sont plus courtes en raison d'une plus forte densité de la population.

Pour ces cultures elles utilisent dans le sud essentiellement les versants à sols gravillonnaires des buttes et massifs tabulaires et des cuirassés. Dans le centre et le nord, la population exploite de préférence les sols limoneux profonds relativement bien drainés du "bas glaciaire". Depuis quelques années, les plaines bordant les principaux cours d'eau, et notamment le Badinn-Ko, sont de nouveau mises en valeur malgré le danger d'onchocercose.

Arachide, mil et sorgho sont les principales cultures (cf. figure 2). Sous l'impulsion de l'OACV, celle de l'arachide connaît ces dernières années un essor grâce surtout à l'augmentation des surfaces emblavées. Une huilerie est en construction à Kita.

---

\* Un nouveau recensement vient d'avoir lieu (Déc. 1976) ; lors du dernier recensement général, le cercle de Kita comptait 137.600 habitants, soit 6 au km<sup>2</sup>

\*\* Depuis quelques années, il y a de nombreux émigrants venant de Guinée, des Peul's surtout.



Le climat est du type soudanien à saison de pluies du 15 mai au 15 octobre, suivie d'une longue saison sèche. La pluviométrie passe de 900 mm au nord du périmètre (Toukoto) à 1300 mm dans le sud, près de la frontière guinéenne. En même temps la végétation naturelle sur le bas glacis passe d'une savane plutôt arbustive à une savane arborée puis à une forêt sèche.

La région étudiée est située dans le haut bassin du fleuve Sénégal\* où elle couvre la majeure partie du Plateau Mandingue (d'où le titre de l'étude). Elle est drainée par 4 affluents d'inégale importance et à écoulement saisonnier qui traversent ou longent du sud au nord le périmètre et sont d'est en ouest : le Baoulé, le Badinn-Ko, le Bakoy et le Bafing.

Le substratum géologique du Plateau Mandingue est formé presque exclusivement de grés infracambriens. Ces grés sub-horizontaux sont traversés par de nombreux sills\*\* de dolérite, de nombreuses diaclases et failles.

La région se présente en sa majeure partie comme une vaste plaine mollement ondulée dominée par des massifs et des buttes isolés. Vers le sud, en-dessous de la ligne Sagabari-Sirakoro-Sébékoro, ce modelé fait place à un ensemble plus accidenté comprenant des massifs et des buttes à sommets la plupart du temps tabulaires et toujours cuirassés s'étageant entre 500 et 800 m\*\*\* qui dominent des plaines faiblement ondulées (ou inclinées) toujours largement cuirassées et à des talwegs généralement encaissés. De l'autre côté de la vaste plaine centrale émergent au sud de Toukoto de nombreux massifs gréseux, escarpés.

Ce paysage assez complexe est le résultat d'une longue évolution marquée par des épisodes de forte activité morphogénique alternés avec des phases de pédogénèse et de cuirassement de sols. Plusieurs périodes de cuirassement ont pu être mises en évidence dont la plus ancienne remonte au crétacé. La dernière phase morphogénétique importante s'est traduite par la mise en place d'un glacis d'épandage dénommé "bas glacis", orienté vers

---

\* Une très faible partie (la région autour de Nossombougou) est drainée par le Niger dans l'extrême est du périmètre étudié

\*\* Injection de magma basique selon un plan horizontal en des roches encaissantes.

\*\*\* Le point culminant est à 810 m d'altitude, près de la frontière de Guinée.

le réseau hydrographique actuel. Ce glacis, non cuirassé, est très peu étendu dans le sud, mais bien développé au nord du parallèle 12°45, sauf dans le nord-ouest du périmètre.

### 3. METHODOLOGIE SUIVIE

#### 3.1 Principes

La carte établie au terme de cette étude est du type morpho-pédologique comme le stipulait la convention. Elle s'appuie donc sur une approche synthétique du milieu à cartographier qui intègre des observations autres que strictement pédologiques ; cela afin de mieux saisir les actions agissant ou ayant agi sur le milieu pour mieux appréhender ainsi les contraintes et les possibilités agricoles.

En raison de l'échelle de la carte (1/200.000) et de l'étendue de la région à cartographier, le contenu des unités devait être d'un niveau de synthèse supérieur à celui des études de même type mais faites à des échelles plus grandes (1/100.000 à 1/20.000) pour des périmètres moins étendus. Si dans le dernier cas, il est généralement possible et nécessaire pour répondre aux besoins de l'étude, de cartographier séparément les différents éléments de paysage (bas de pente colluvial, versant, talus, gradins, sommet, etc) dont sont constitués les types de modelé présents il n'en est plus de même à de plus petites échelles ; l'échelle de la carte ne le permet généralement plus ou lorsque cela est possible ; la carte risque d'être difficilement exploitable en raison de la petitesse des unités. Généralement d'ailleurs cette précision n'est plus demandée à une carte de petite échelle.

Pour ces raisons, la carte établie au terme de l'étude indique la répartition spatiale d'ensembles qu'on peut définir comme des "FORMES" ou "types de modelé" caractéristiques du relief régional, tels que les massifs gréseux, les buttes tabulaires cuirassées, les croupes gréseuses, le bas glacis, etc.

Ces ensembles doivent être définis par leur organisation topographique et, comme pour les unités d'études à plus grande échelle, par la nature des matériaux, le (ou les) type(s) de pédogénèse, la nature et l'intensité des processus morphodynamiques et le type d'occupation des sols. Enfin, il est mis



en évidence pour l'utilisateur de la carte les contraintes et les possibilités pour le développement agricole.

Pour ne pas alourdir inutilement le texte de ce rapport, nous utiliserons le mot "forme" pour désigner les différentes organisations topographiques (les unités cartographiques) caractéristiques du modelé régional.

### 3.2 Méthodologie de l'exécution

En raison de l'étendue de la région cartographiée, l'étude de terrain s'est déroulée en deux étapes se suivant logiquement.

Dans une première phase assez courte, d'Avril à Juillet 1975, l'étude fut axée sur la géomorphologie ; elle devait dégager les grands traits régionaux, son histoire morphogénétique et la structure du périmètre afin de faciliter l'étude pédologique proprement dite. Les résultats de cette étude acquis à l'aide de tournées dans toute la région, les photos aériennes et les documents existants furent consignés dans un rapport accompagné d'une carte géomorphologique au 1/200.000 par M. RAUNET (1975).

La carte a été divulguée en un nombre limité d'exemplaires. Sa légende est surtout fondée sur la chronologie des surfaces cuirassées et des matériaux. Elle met en évidence l'existence de cinq niveaux de cuirassement (étagés dans l'espace et le temps et très largement développés dans le sud) et attribue les différences observées à l'intérieur des matériaux meubles récents à des phases de morphogénèse distinctes.

Du dernier niveau de cuirassement existe une variante le moyen glacis dégradé, une surface essentiellement carapacée (suite à son démantèlement par balayage) qui est très répandue dans la moitié nord du périmètre.

La couverture géomorphologique est complétée par les massifs et buttes gréseuses, les buttes schisteuses et les versants délimitant les surfaces tabulaires cuirassées.

Cette première phase fut suivie par l'étude morphopédologique du milieu ; phase plus longue en raison de la nature et de la qualité des observations à faire car son but était de préciser la nature et la dynamique des sols des unités mises en évidence lors de la première phase, et surtout de mieux délimiter et caracté-

riser les sols et les matériaux présentant un intérêt pour le développement agricole ; ces travaux se sont déroulés sur le terrain de Novembre 1975 à Juin 1976, et un rapport sommaire accompagné d'une carte fut remis aux autorités fin Août 1976 (M. BROUWERS).

Deux missions d'appui ont été effectuées-en 1975 puis en 1976-par J. KILIAN, Responsable de la pédologie à l'IRAT, sur le terrain et pour l'élaboration de la légende.

Pour atteindre ces buts nous avons réalisé de nombreuses observations pédologiques généralement en des fosses, mais également en des coupes existantes : puits, bancotières, ravins vifs ... Elles ont été faites dans tout le périmètre sur tous les types de paysage recensés lors de la photo-analyse et l'étude géomorphologique et cela en maints endroits surtout sur les unités présentant un intérêt agricole. Pour ce travail, nous avons la collaboration de M. BASSIROU Keita, élève pédologue, adjoint à notre étude. Ces observations servaient d'une part à identifier et caractériser les sols des différents éléments de paysage et d'autre part à vérifier si dans tout le périmètre les sols du même élément paysagique étaient semblables. Elles étaient en certaines régions aussi nécessaires pour préciser les limites entre les unités.

Souvent les observations ont été réalisées en des "toposéquences" recoupant plusieurs éléments du paysage afin de mieux saisir la filiation entre les sols et les matériaux et les processus ayant agi ou agissant encore sur les sols.

L'étude a été complétée par de nombreuses observations de surface qui d'une part ont contribué à la connaissance du milieu des différentes unités et d'autre part ont servi à vérifier et éventuellement corriger la photo-interprétation.

Dans ce même but, nous avons prélevé un grand nombre de profils\* dont la description et les résultats d'analyse figurent en annexe.

---

\* Certains de ces profils font actuellement l'objet d'analyses complémentaires devant contribuer à une meilleure connaissance des sols à vocation agricole.



Afin de mieux rendre compte de l'aspect physiographique de la région et pour faciliter l'utilisation de la carte pour le développement, l'approche plutôt chronologique pour les principaux éléments de la légende (suite travaux de la première phase) a dû être abandonnée au terme de l'étude, lors de l'établissement de la carte définitive. Celle-ci indique les formes caractéristiques du paysage chacune définie par son organisation topographique, la nature des matériaux présents, leur évolution pédologique, la nature et l'intensité des processus morphodynamiques, le type d'occupation, la typologie des sols recensés, les contraintes au développement agricole et les possibilités qui en découlent pour leur utilisation.

### 3.3 Documents utilisés

Pour cette étude nous nous sommes appuyés sur les renseignements contenus dans :

- les études et rapports concernant la région, particulièrement la thèse de P. MICHEL (1973),
- les cartes au 1/200.000 et les photos aériennes au 1/50.000 de l'IGN ; feuilles de :

Bamako-Ouest	n° ND 29-IV et vol ACF 56-57	ND 29-IV
Sirakoro	ND 29-III	52-53 M 043
Bafing-Makana	ND 29-II	52-53 M 042
Bafoulabé	ND 29-VIII	52-53 M 045
Kita	ND 29-IX	52-53 M 046
Kolokani	ND 29-X	52-53 M 011

Par contre, les images satellite n'ont pas pu nous aider dans l'établissement de la carte, tout au moins les images disponibles au moment de la prospection et dont nous avons acquis les photos au 1/250.000 des canaux 5 et 7 et les positives au 1/1000.000 des 4 canaux : N° d'identification :

1135-10232  
1280-10292  
1280-10294  
1227-10351  
1135-10235

Nota : L'ancienneté des cartes et des photos aériennes nous a beaucoup gêné au cours de l'étude. Depuis leur prise de vue, de nombreux villages se sont déplacés ou créés, et d'autres ont disparu ; de nouvelles pistes ont été tracées, pour d'autres le tracé a été modifié ou il n'existe plus ; en même temps l'occupation du sol a sensiblement changé.

L'échelle des photos existantes convient mal d'autre part à ce type d'étude car la surface couverte par les photos couples est trop faible pour pouvoir placer les formes de paysage observées dans le contexte régional.

Aussi, nous recommandons pour les futures études régionales la prise de nouvelles photographies aériennes au 1/100.000 pour palier les inconvénients cités ci-dessus. La comparaison des deux séries de photos offre d'ailleurs d'intéressants renseignements notamment concernant le développement agricole.



## 2ème PARTIE : L'ENVIRONNEMENT MORPHOPEDOLOGIQUE

### 1. LE CADRE GEOLOGIQUE

#### 1.1 Nature des matériaux présents

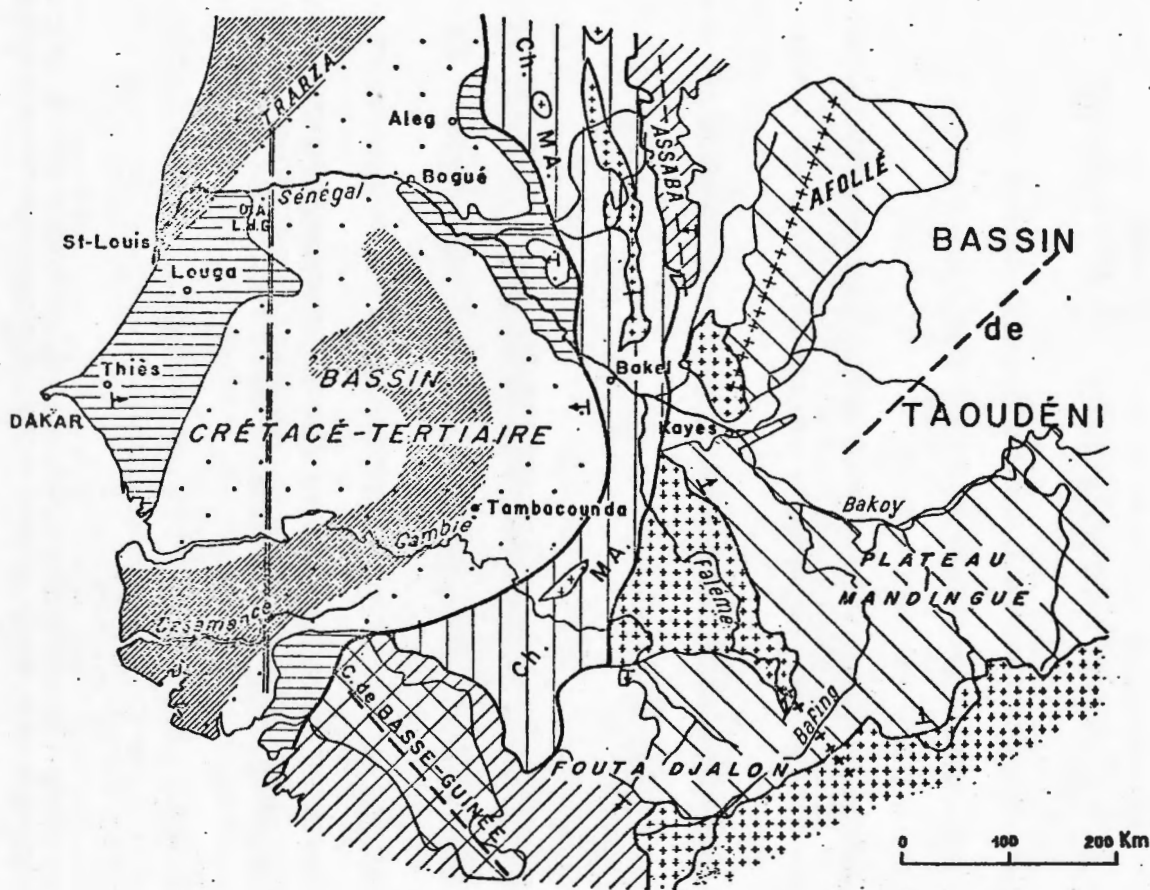
Le "Plateau Mandingue" est constitué d'une couverture de grès sédimentaires horizontaux qui avait à l'origine plus d'un millier de mètres d'épaisseur et repose sur le socle précambrien (Birrimien) (figure 3). Les géologues de l'Ouest-Africain y distinguent quatre séries, séparées par 3 discordances, qui pendant longtemps ont été attribuées à l'ordovicien. Elles sont rangées maintenant dans l'Infracambrien (Précambrien supérieur). En effet, on observe en plusieurs endroits (près de TOUKOTO en particulier) que les grès sont surmontés par une "tillite (conglomérat d'origine glaciaire) dont on admet actuellement qu'elle représente la base du Cambrien (C. BENSE-1961).

Les grès sont de couleur beige à rosâtre. On y observe très fréquemment une litation entrecroisée. Ces grès sont à dominance siliceuse, mais parfois feldspathiques. Leur état de cimentation est variable : alternance de grès quartzites, de grès peu consolidés, de passées conglomératiques. Leur comportement vis à vis de la désagrégation granulaire et de l'altération géochimique n'a donc pas été le même partout. Au Sud de SAGABARI nous avons observé la présence de grès noirs apparemment riches à magnétite.










Au sein des séries gréseuses s'est injecté du magma basique sous forme de sills doléritiques ayant emprunté les diaclases et les joints de stratification.

L'épaisseur des sills est variable, ils peuvent atteindre une centaine de mètres. Il semble qu'ils soient plus nombreux et plus épais au sein des formations gréseuses les plus tendres, présent surtout dans le Sud du périmètre.

Le magma a provoqué des déformations dans la stratification des grès encaissants, (flexures, plissements, bombements), ainsi qu'un métamorphisme de contact ayant engendré des cornéennes et des quartzites, sombres et très durs. La tranchée du chemin de fer à KITA, montre un très bel exemple de ce métamorphisme. (voir figure 4).





### STRATIGRAPHIE

-  Continental terminal
-  Maestrichtien et Éocène marin
-  Limite du bassin Crétacé-Tertiaire
-  Paléozoïque plissé et métamorphique (Falémien, séries de Bakel-Mbout)
-  Limite du Paléozoïque tabulaire
-  Dévonien
-  Ordovicien-Silurien
-  Cambrien
-  Infracambrien
-  Limite des affleurements du socle précambrien
-  Birrimien: granites + roches métamorphiques

### TECTONIQUE

#### BASSIN CRÉTACÉ-TERTIAIRE

- D.A. L.d.G. Dorsale anticlinale du Lac de Guier
-  Zone d'affaissement post-éocène
-  Ligne de flexure du substratum préjurassique

#### MOUVEMENTS HERCINIENS

Déformation des séries de couverture du socle

#### GRANDES UNITÉS TECTONIQUES

- — — axe des cuvettes
- +++ zone anticlinale

#### ACCIDENTS SECONDAIRES

- — — axe synclinal
- +++ axe anticlinale

#### PLISSEMENT

Ch.M.A. Chaîne des Mauritanides

→ direction de pendage des couches

Fig. 3

— Croquis structural des bassins-versants du Sénégal et de la Gambie.

D'ap. P. MICHEL



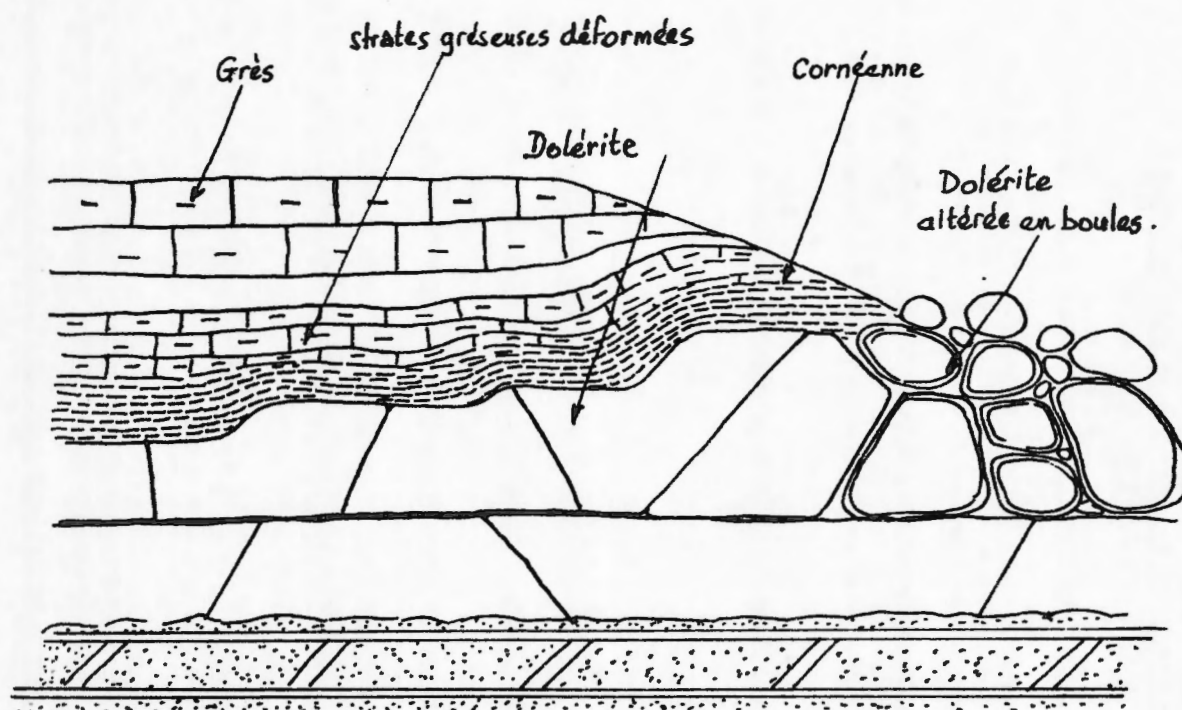


Fig. 4 **TRANCHEE DU CHEMIN DE FER A KITA .**

Les dólérîtes se sont probablement mises en place lors des mouvements hercyniens, par l'intermédiaire des cassures du socle et de sa couverture sédimentaire paléozoïque.

Dans la région de TOUKOTO, nous sommes en bordure des grès infracambriens et nous commençons à voir des affleurements schisteux du Cambrien (pélites, schistes noirs, jaspes). Ces massifs schisteux isolés par l'érosion recouvrent les grès, desquels ils se distinguent aisément par leur modelé plus adouci.

Nous n'avons observé les granites du socle birrimien qu'en bordure de Djinnko, affluent de gauche du Bakoy, à la frontière Guinéenne ; le socle y apparaît à la faveur d'une fenêtre d'érosion.

Ainsi que nous le verrons plus loin, l'essentiel des matériaux superficiels n'est pas des roches, mais des altérites ou épandages qui peuvent être meubles ou cuirassés. Leur comportement vis à vis des processus pédogénétiques et morphodynamiques est tout différent de celui des roches.

## 1.2 Les conséquences pour la pédogénèse et la morphogénèse

### Du grès :

Les grès du Plateau Mandingue sont des roches peu perméables à stratification subhorizontale. Les sols peu profonds des interfluves à modelé contrasté ou mou s'érodent par conséquent facilement car l'excédent d'eau de pluie s'évacue surtout superficiellement. A cause de la dureté de la roche, l'érosion linéaire est lente et emprunte de préférence le réseau de diaclases et les failles.

Les grès donnent un produit d'altération assez sableux lorsque le sol est superficiel et quand le substratum consiste de grès très quartzeux. Mais, dès que le sol est plus profond, sa teneur en argile augmente ; c'est la conséquence de l'altération argileuse des feldspaths présente dans la masse en lits au sein des grès. La texture devient alors limoneuse à



limono-argileuse à granulométrie bimodale, pauvre en limon fin.

Ce matériel poreux subit en des positions inclinées généralement une évolution hydromorphe en raison de la faible perméabilité des grès sous-jacents. Sur les pentes plus marquées l'évolution est actuellement du type ferrugineuse comme dans la partie supérieure des sols sur pente faible mais profonds.

D'épaisse altérites assez argileuses ont pu se former autrefois en des paysages à modelé émoussé et sous des climats tropicaux humides. Par un enrichissement surtout absolu en fer (les grès sont pauvres en fer), ces altérites ont pu se transformer par la suite en des cuirasses et carapaces qui recouvrent encore l'essentiel des interfluves, notamment dans le sud du périmètre.

Les eaux de drainage dans ce milieu siliceux ou ferrallitique ont un pH assez bas (5,5) nettement plus faible de celui des milieux à dolérite (6,5 à 7 et à plus forte teneur en Ca et Mg)\*.

Les sols développés sur des matériaux dérivés des grès sont à cause de la pauvreté chimique de ce substratum mal pourvus en éléments nutritifs pour les plantes ; seuls les sols jeunes semblent relativement bien pourvus, notamment en potasse.

#### De la dolérite :

La dolérite est une roche massive très dure mais qui en raison des nombreuses cassures et diaclases s'altère assez rapidement en laissant des noyaux de roche dans une matrice terreuse ; c'est l'altération en boules. Après entraînement de la masse terreuse lors d'une phase érosive, ces boules recouvrent le nouveau sol ou une topographie rocheuse (à blocs parfois métriques) dont toutes les formes sont arrondies. Sur les buttes, ces boules sont très nombreuses et couvrent (et cachent) complètement le sol, le protégeant ainsi contre le ruissellement.

Cette roche donne lieu à une altération très argileuse qui en fonction du climat s'apparente à la ferrallisation ou la brunification (limite à 1100 mm). Les épandages provenant des zones à dolérite sont aussi argileuses ce qui modifie les condi-

---

\* Etude hydrologique en vue de l'alimentation en eau de la ville de Kita ; BRGM DAKAR ; 18 pges + annexes

tions de pédogénèse et par conséquent la typologie des sols et les possibilités agricoles du bas glacis (brunification ou vertisolisation souvent associées à de l'hydromorphie par défaut de drainage interne, parfois ferrallitisation au lieu de ferruginisation et hydromorphie de nappe).

Sa richesse en fer a largement contribué aux cuirassements qui se sont produits sur la Plateau Mandingue ; souvent la dolérite affleure sous les cuirasses.

Les sols développés sur la dolérite ou sur les formations qui en dérivent sont assez riches du point de vue nutritif pour les plantes, conséquence de leur plus grande teneur en bases que les grès et pélites.

#### Des formations schisteuses (ou pélites)

Ces roches à litage fin subhorizontal sont peu perméables. Les sols sont de ce fait sensibles au ruissellement et nous n'avons pas observé de sol profonds. La résistance de ces matériaux à l'érosion linéaire et auréolaire est moins importante que celle des formations gréseuses et les pelites forment donc des reliefs plus bas et moins anguleux.

A l'altération, les pelites libèrent un matériau de texture limono-argileux, riche en limon fin, très différent donc des altérites de grès. Ce matériau subit une évolution hydromorphe en des positions peu inclinées, mais plutôt brunifiantes sur les versants forts.

#### Les matériaux meubles :

Leur évolution pédologique dépend d'abord du régime hydrique. Souvent c'est l'hydromorphie qui domine: lorsqu'elle n'est pas le facteur principal, l'évolution est déterminée par le climat et les caractères des matériaux : ferruginisation surtout sur les épandages du bas glacis et ferrallitisation sur les versants en contre-bas des surfaces cuirassées.

La résistance des épandages au ravinement et au décapage est médiocre. Les formations de pente des grands versants



résistent mieux à ces processus en raison de leur nature très graveleuse, mais surtout à cause de la résistance à l'érosion des corniches rocheuses ou de la cuirasse <sup>présente</sup> au sommet de la pente. Ces versants évoluent surtout par des phénomènes de mouvement en masse des matériaux, et il n'y a évolution rapide que lors de phases de morphogénèse très active.

#### Les matériaux indurés :

Les cuirasses, bien qu'elles soient le siège d'un ruissellement intense, <sup>évoluent très peu car elles</sup> sont très résistantes au ravinement et protègent donc les matériaux meubles sous-jacents ; elles évoluent surtout par sous tirage. L'induration d'une carapace est par définition moins importante et son démantèlement par décapage et ravinement est donc plus aisé.

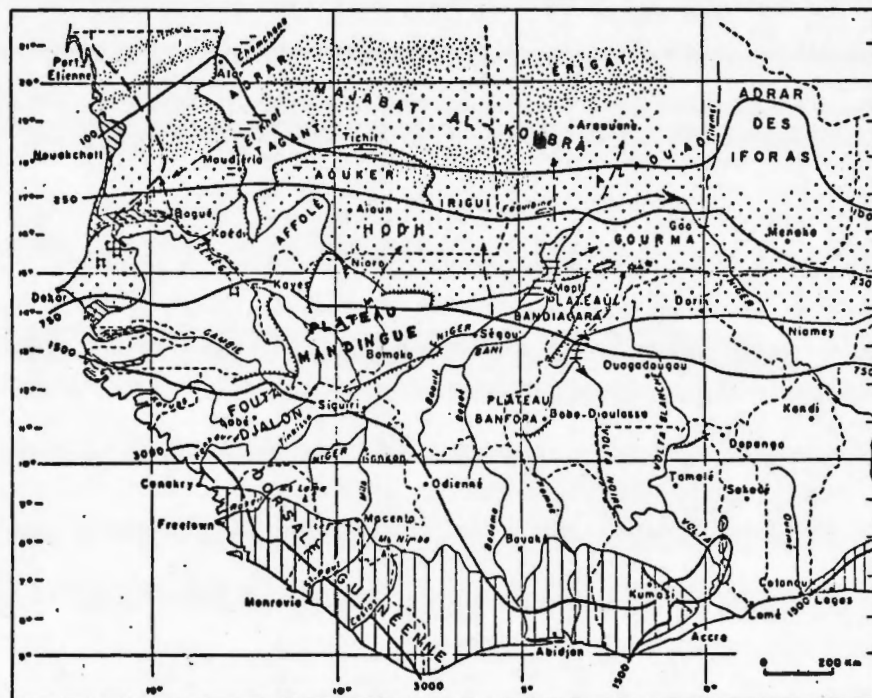
En raison de la perméabilité généralement faible de ces matériaux indurés, leur recouvrement est le siège d'hydromorphie saisonnière en hivernage.

## 2. L'EVOLUTION GEOMORPHOLOGIQUE DU PLATEAU MANDINGUE

### 2.1 L'évolution anté quaternaire

Pendant le secondaire et le tertiaire, le socle Birrien et sa couverture Paléozoïque ont été affectées par des soulèvements épeirogéniques successifs qui ont entraîné des phases d'érosion et la formation de surfaces d'aplanissement étagées (cf. MICHEL 1973). Chacune de ces surfaces a été soumise à une pédogénèse ferrallitique sous un climat très humide. Les sesquioxides ainsi individualisés, pendant cette phase humide ont évolué en cuirassant les sols, sous l'effet du passage à un climat plus contrasté. Pendant les phases d'entaille suivantes, la surface cuirassée s'est enrichie par accumulation relative, en hydroxydes d'aluminium, par départ partiel du fer et de la silice sous l'effet de l'accélération du drainage.

C'est ainsi que l'on peut y distinguer 4 surfaces cuirassées, bauxitiques datant du jurassique, du crétacé, de l'éocène et du pliocène. Chaque surface s'est formée au dépens de la pré-



### VARIATIONS CLIMATIQUES ET EUSTATIQUES AU QUATERNAIRE

dans la zone tropicale sèche d'Afrique occidentale  
(d'ap. P. MICHEL)

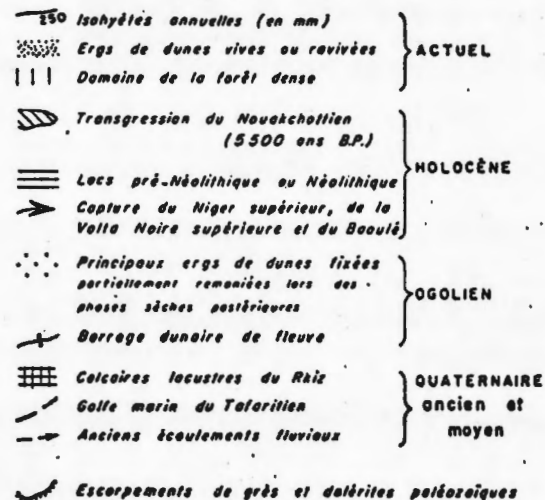


Fig. 6

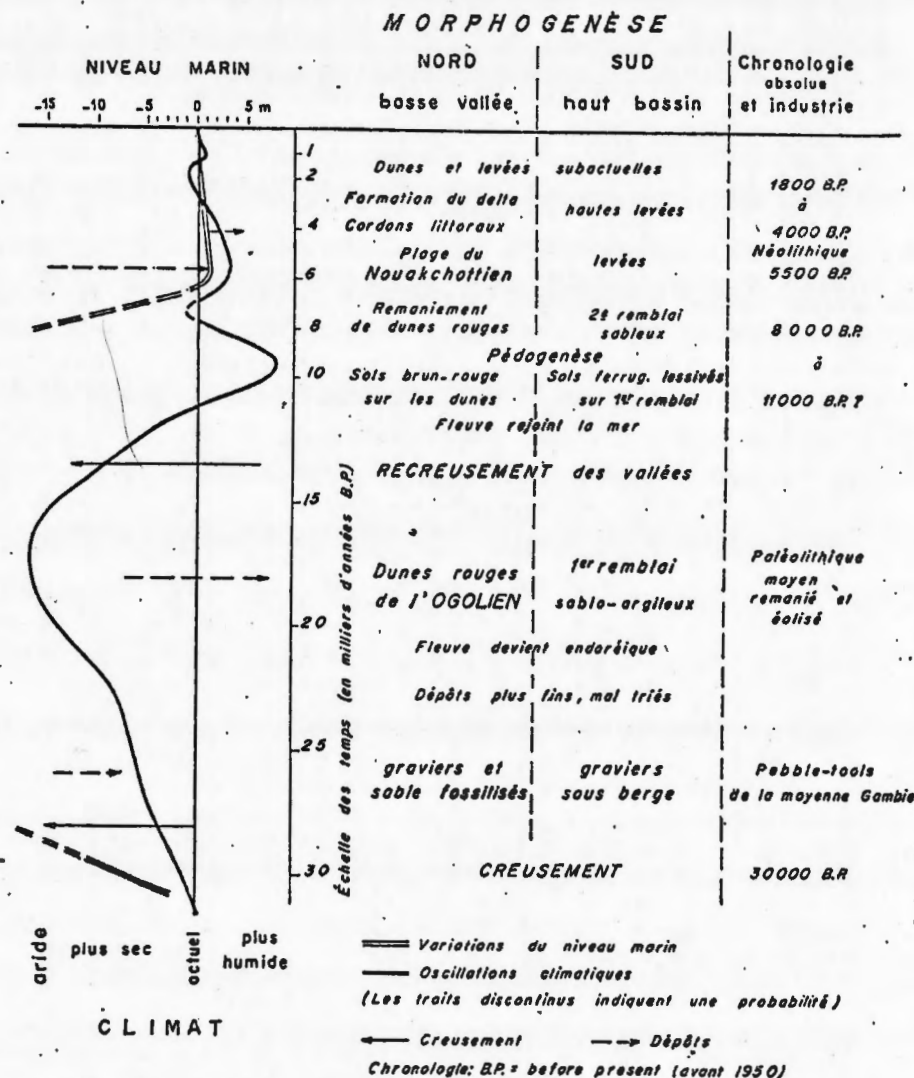


Tableau 3 — L'évolution géomorphologique dans le bassin du fleuve Sénégal au Quaternaire récent selon les fluctuations du climat et du niveau de la mer.

d'ap. P. MICHEL



Tableau 1 : — L'évolution géomorphologique antéquatenaire des bassins du Sénégal et de la Gambie. (D'ap. P.

	AGE	CLIMAT	TERRES ÉMERGÉES			GOLFE SÉNÉGALO-MAURITANIENT	
			Tectonique	Façonnement	Dépôt ou altérat.	Niveau marin	Dépôt ou altération
TERTIAIRE	supérieur	humide		relief intermédiaire et SURFACE D'ÉROSION	cuirasse latéritique		cuirasse ferrugineuse
	PLIOCÈNE inférieur	sec		érosion intense	Continental terminal supérieur	émersion totale	Continental terminal
	MIOCÈNE	assez humide	soulèvement	érosion		subsidences locales	formations volcaniques calcaire + sable marin
	OLIGOCÈNE ÉOCÈNE supérieur	plus sec ? humide	soulèvement	surface d'érosion locale érosion	Continental terminal inférieur	émersion partielle	dépôts lagunaires et lacustres
	ÉOCÈNE moyen et inférieur	très humide		3 <sup>e</sup> SURFACE D'APLANISSEMENT	altération latéritique	transgression	sédimentation chimique (silicifications)
SECONDAIRE	MAESTRICHTIEN SÉNONIEN supérieur	sec	mouvements locaux	érosion intense	Continental intercalaire supérieur	régression ? transgression	sédimentation marine détritique grossière
	TURONIEN	humide			altération		sédimentation marine fine
	CÉNOMANIEN	sec ?	soulèvement	érosion		subsidence	sédimentation marine détritique
	ALBIEN	humide		2 <sup>e</sup> SURFACE D'APLANISSEMENT	altération latéritique		sédimentation marine fine
	NÉOCOMIEN sensu lato	plus sec ?	soulèvement	érosion	Continental intercalaire inférieur	subsidence	sédimentation marine détritique
	JURASSIQUE supérieur et moyen	humide		1 <sup>re</sup> SURFACE D'APLANISSEMENT	altération latéritique		sédimentation marine chimique

Courbe figurative des variations climatiques:

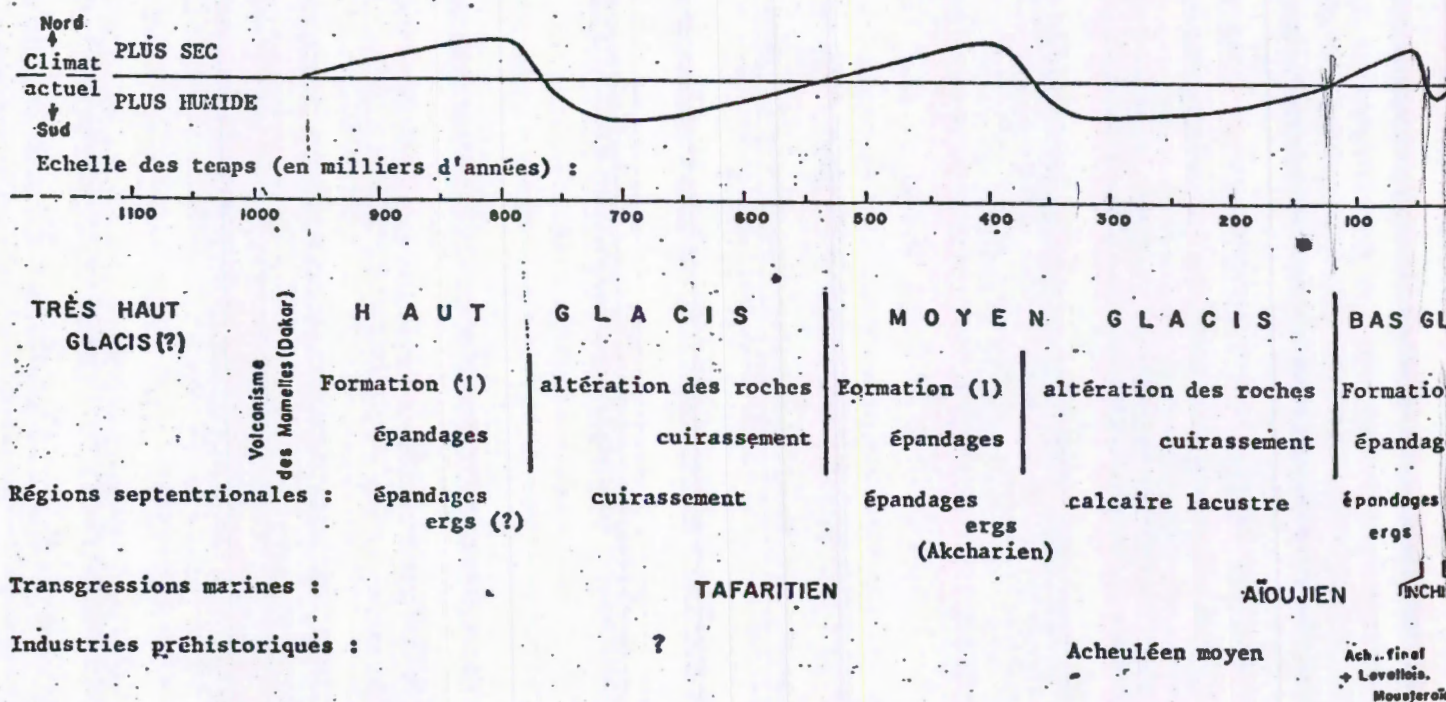


Tableau 2

— Schéma morphoclimatique et hypothèse chronologique du Quaternaire ancien et moyen dans les bassins des fleuves Sénégal et Gambie (latitude : 10°30' à 17°30' Nord).

D'ap. P. MICHEL

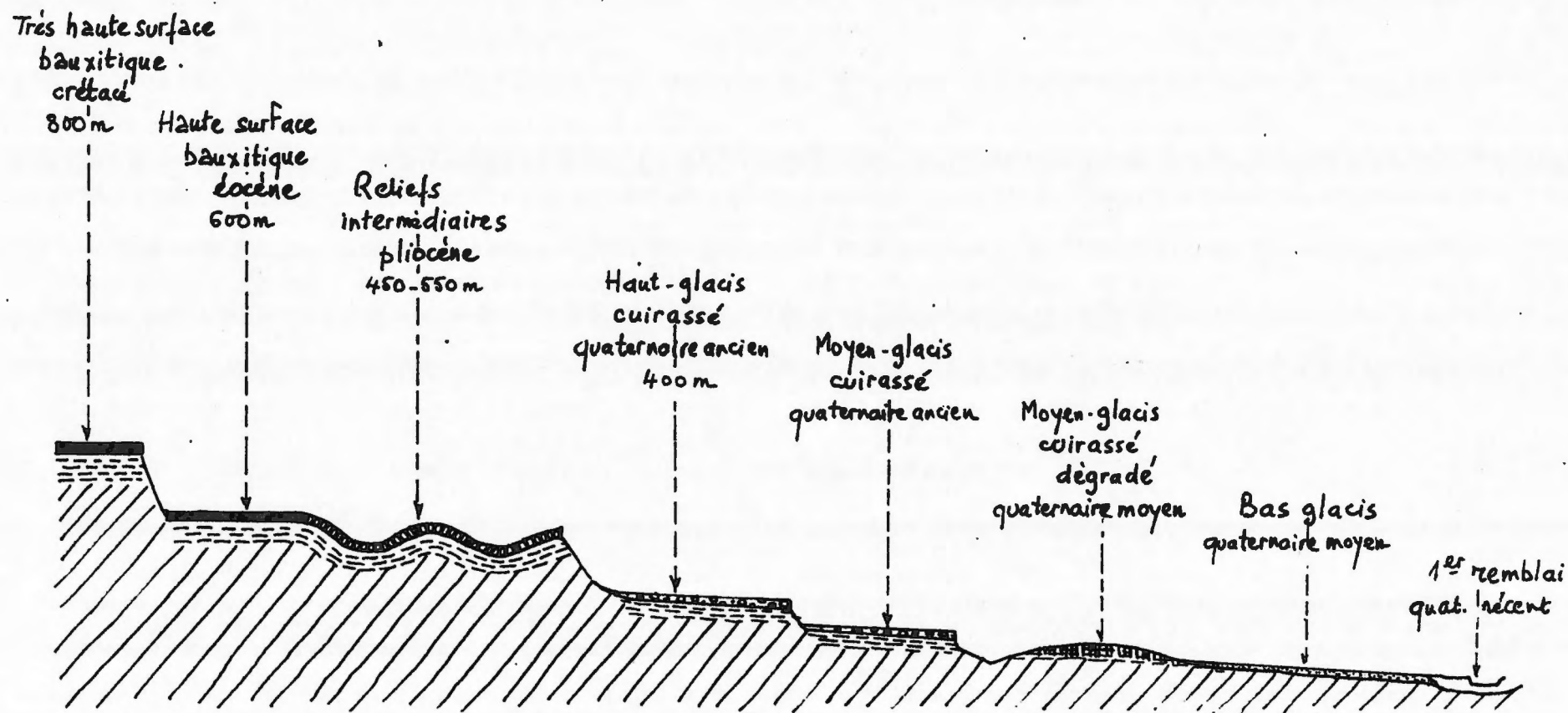


Figure 5 **SCHEMA DES SURFACES ETAGEES DU PLATEAU MANDINGUE**



cédente par suite d'un soulèvement épéirogénique du haut-bassin (tableau 1).

La première surface, jurassique, ne s'observe qu'à l'état de petits lambeaux dans les hauts massifs du Fouta-Djalou. On n'en trouve donc pas sur notre périmètre d'étude. Ces lambeaux sont situés entre 1150 et 1400 mètres d'altitude.

La pénéplaine jurassique a ensuite été soumise à un soulèvement ; elle a été disséquée. A l'issue de cette phase d'érosion s'est formée à l'albien, la deuxième surface d'aplanissement. Il en subsiste des témoins cuirassés très étendus dans le Fouta-Djalou, où son altitude varie entre 850 et 1000 mètres ; elle est également représentée sur le Sud-Est du Plateau Mandingue où elle s'abaisse aux alentours de 800 mètres. La zone que nous avons prospecté n'en possède que quelques fragments, dans l'extrême Sud.

Au céno manien un nouveau soulèvement de l'ensemble du haut-bassin induit une nouvelle période de morphogénèse active. Il en résulte la création de la troisième surface d'aplanissement, éocène. Ce niveau est largement développé dans la partie méridionale du plateau Mandingue. De nombreux lambeaux en lanières existent dans le Sud de la région étudiée ; leur altitude est comprise entre 580 et 700 mètres.

Enfin, à l'oligocène et au miocène se produisent de nouveaux mouvements tectoniques (contre coup des plissements alpins) affectant l'ensemble du haut-bassin spécialement dans la région du Fouta-Djalou. Il se forme au pliocène une quatrième surface d'aplanissement qui progresse vers l'Est, de façon régressive.

Vers l'Est, au delà de la falaise de Tambaoura, sur les grès infracambriens du plateau Mandingue, l'aplanissement n'a pu arriver à son terme. La dissection de la surface éocène a abouti à un modelé en larges ondulations convexes qui ont été moulées et fossilisées par un fort cuirassement. Ces reliefs pliocènes ont été appelés par J. VOGT (1957), "reliefs intermédiaires", car ils représentent la transition entre les hauts

bovés bauxitiques antéquatérnaires et les glacis à cuirasse ferrugineuse du quaternaire. Comme les aplanissements antérieurs, ces reliefs ont été profondément morcelés par les entailles quaternaires et sont souvent délimités par des corniches prolongées vers le bas par de grands versants d'éboulis. Il ne reste alors que des portions de versants cuirassés en forme de plateau légèrement bombé ou d'aspect monoclinale.

L'altitude des "reliefs intermédiaires" est comprise entre 450 et 550 mètres. Ils occupent des superficies importantes dans la partie Sud-Ouest du périmètre cartographié.

## 2.2 L'évolution quaternaire ancienne et moyenne (tableau 2 et figure 5)

Au quaternaire, les surfaces précédentes ont été profondément entaillées. Au pied des reliefs cuirassés résiduels s'est construit un système de 3 glacis étagés dont les restes des 2 premiers sont fossilisés par une cuirasse ferrugineuse.

- Le haut-glacis est une surface d'érosion recouverte d'une nappe détritique constituée essentiellement de fragments de cuirasse. Une pédogénèse ferrallitique et des apports allochtones de fer (en provenance des reliefs cuirassés situés en amont), ont cimenté les matériaux détritiques et induré la zone d'altération sous-jacente pour former une épaisse cuirasse ferrugineuse.

Sur le plateau Mandingue, le haut-glacis est à une altitude assez constante comprise entre 360 à 450 mètres, avec une moyenne de 400 mètres. Dans la partie méridionale, au pied des hautes surfaces bauxitiques ou des "reliefs intermédiaires", il forme de grandes étendues. Plus au Nord, son extension est plus limitée, et le haut-glacis y subsiste sous forme de lanières étroites.

D'après P. MICHEL, ce glacis se serait formé au quaternaire ancien, il y a 800 à 900.000 ans, correspondant à une période sèche. Après quoi, le climat devenant plus humide, aurait eu lieu l'altération des roches et le cuirassement entre 530.000 et 800.000 ans.B.P.



- Le moyen-glacis, s'est formé lors d'une nouvelle phase sèche et d'un abaissement du niveau de base (régression marine ou léger soulèvement épéirogénique) qui se seraient terminés vers 380.000. La période humide qui a suivi, jusque vers 110.000 ans, a entraîné l'altération ferrallitique du substratum gréseux ou doléritique. Le passage progressif à un climat plus contrasté (longue saison sèche) a favorisé le cuirassement des glacis qui a été le plus net dans le Sud.

Les témoins du moyen glacis sont très étendus sur le Plateau Mandingue ; en dessous de 380 m d'altitude ils forment les interfluves du réseau hydrographique actuel. Ce glacis ne pénètre apparemment pas à l'intérieur des hauts-bassins dans le Sud du plateau.

- Le bas-glacis s'est mis en place au cours d'une autre période de morphogénèse active provoquée par un changement climatique\* qui a duré jusque vers 40.000 ans.

Cette période à climat plus sec, commence d'après nous par une entaille vigoureuse de topographie ancienne dans le nord, relayée par l'érosion auréolaire, puis un balayage intensif de tous les interfluves et l'évacuation au loin des produits arrachés aux versants ; il s'y forme de larges vallons à fonds proches de la nouvelle surface d'équilibre.

Dans le nord et le centre, l'induration de l'ancienne topographie était médiocre, notamment celle du moyen glacis. Son démantèlement était donc aisé ce qui permettait l'élaboration d'un modelé très ouvert, faiblement ondulé. Il en était tout autre dans le sud où le cuirassement avait été beaucoup plus important ; l'évolution du modelé ancien y fut nettement moins importante, et s'est le plus souvent limitée à un enfoncement du réseau hydrographique en ravins.

En même temps que l'érosion progressait dans le sud, la sédimentation devenait possible dans le nord. Elle y noyait progressivement le fond des vallées et vallons avec des matériaux

---

\* Ce changement climatique était accompagné d'une régression marine mais dont les conséquences étaient probablement seulement sensibles au Sénégal.

provenant pour l'essentiel des versants des interfluves avoisinants où le balayage et le démantèlement se poursuivaient, mais aussi avec des matériaux venant de plus haut du bassin versant, notamment dans les vallées des principaux axes de drainage.

Ces remblais ont envahi enfin le fond des ravins dans le sud au terme de cette période de morphogénèse active, après l'arrêt de l'entaille suivi plus tard par celui du décapage et de la sédimentation. Ils forment selon les conditions, un glacis ou un glacis-terrasse, parfois simplement une terrasse.

Ensuite, le climat est devenu plus humide et a engendré un début d'individualisation du fer dans les matériaux du bas glacis, mais sans la plupart du temps aller jusqu'à l'induration.

### 2.3 L'évolution quaternaire récente (tableau 3, fig. 6)

Le quaternaire récent commence d'après P. MICHEL avec l'entaille du bas-glacis, c'est à dire il y a 30.000 ans lorsque débute une phase sèche. Cette phase qui se termine vers 12.000 a marqué la physionomie actuelle du bas-glacis.

La phase sèche débute par une période d'aridité corrélative d'une régression marine, favorisant le creusement d'un réseau hydrographique hiérarchisé et le dépôt d'une nappe alluviale grossière appelée "graviers sous berges" (J. VOGT). Le réseau hydrographique creusé à cette époque forme l'essentiel du réseau de drainage actuel.

Elle était suivie par une phase d'importantes actions éoliennes entre 21.000 et 18.000 B.P. au cours de laquelle le fleuve Sénégal fut barré par l'Erg Ogolien.

La compétence des eaux ayant alors fortement diminué, les matériaux transportés se sont déposés pour construire ce qu'on appelle le "premier remblai". Celui ci à la forme d'une levée très large située en contrebas du bas glacis et est constitué de dépôts argilo-sableux ayant été rubéfiés postérieurement.



Ce remblai est nettement individualisé en aval de la confluence du Bafing et du Baoulé. A l'intérieur du périmètre cartographié par contre, il n'existe pas d'indications sûres permettant d'affirmer que les formations rubéfiées bordant les rivières et les entailles doivent être attribuées à ce premier remblai, (sauf peut être le long du Bafing) car elles y sont généralement en continuité tant topographique qu'en nature des matériaux avec les épandages du bas glacis.

Cette phase sèche a également vu localement le dépôt de matériaux d'épandage limoneux, à l'intérieur des hauts-bassins, par dessus le revêtement cuirassé des hauts-glacis, lorsque l'érosion régressive du réseau hydrographique n'a pu y pénétrer. Ces épandages sont associés à des éboulis sur les versants d'entaille des hautes surfaces bauxitiques.

La phase humide qui a suivi la période sèche précédente et qui a eu lieu entre 11.000 et 8.000 BP a été responsable de la rubéfaction des dunes de l'Erg Ogolien (dont quelques témoins paraissent exister sur le Plateau Mandingue), du premier remblai et des formations du bas glacis bordant les rivières et entailles.

Les épisodes morpho-climatiques qui se sont produits par la suite à cause des fluctuations marines et climatiques n'ont engendré que des retouches mineures du modelé du Plateau Mandingue dont les plus importantes sont :

- le dépôt de formations alluviales étroites, discontinuées et parfois étagées le long des principaux cours d'eau
- des phénomènes de glissement de terrain localisés sur fortes pentes dans les sud

### 3. LE CLIMAT

#### 3.1 Les données

Le Plateau Mandingue appartient au domaine des climats tropicaux à deux saisons contrastées. Ce climat est sous la dépendance des oscillations du Front Intertropical (FIT) qui se

déplace au cours de l'année sous l'action antagoniste des deux flux d'air, l'un venant du nord et sec, l'autre chargé d'humidité et venant du sud. Le passage de ce front correspond aux changements de saison.

- saison de pluies de juin à septembre (FIT au nord)
- saison sèche de novembre à mars (FIT au sud)

Ces deux saisons très contrastées sont séparées par des régimes transitoires.

Le tableau 4 rend compte des principales caractéristiques climatiques de la station de KITA située au centre du Plateau Mandingue, et le tableau 5 des précipitations de l'ensemble des postes pluviométriques présents dans le périmètre étudié.

Il en ressort que le climat est du type Soudanien mais passe vers le sud au type soudano-guinéen car les précipitations, qui sont d'environ 900 mm dans le nord, s'accroissent jusqu'à 1300 mm dans le sud en même temps que la longueur de la saison de pluies passe de 4 à 5 mois.

Les précipitations sont la plupart du temps du type tornade, relayées au milieu de la saison des pluies par des averses à caractère continu ("pluies de mousson").

Les tornades sont caractérisées par une forte intensité, une faible durée et une faible étendue en surface. L'intensité du corps de la tornade peut atteindre 200 mm/h pendant 5 à 20 minutes. Elles ont lieu généralement l'après-midi ou la nuit et sont précédées par des vents violents. Les averses de mousson sont plus longues ; elles durent plusieurs heures et leur intensité de pointe ne dépasse pas 50 à 80 mm/heure.

Le fait que les pluies au début de la saison pluvieuse tombent surtout en tornades est responsable de l'irrégularité des précipitations en cette période et des différences d'un endroit à l'autre. La fin de la saison pluvieuse est par contre assez brutale.

### 3.2 Conséquences pour l'agriculture

Ce climat à deux saisons contrastées, ne permet sans irrigation qu'une culture par an. En raison de différences en précipitations et en longueur de la saison pluvieuse du sud au nord le choix



**Tableau 4 : PARAMETRES CLIMATIQUES DE LA STATION DE KITA**  
(moyennes mensuelles)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Températures (1951 à 1970) en °C													
• maxima moyennes	33,6	36,7	38,4	36,9	38,4	34,5	30,8	29,6	30,8	33,2	34,6	32,8	34,2
• minima moyennes	18,8	21,5	23,7	25,5	25,5	23,4	21,9	21,5	21,3	21,2	19,0	18,2	21,8
• moyennes	26,0	29,0	31,2	32,8	32,1	28,7	26,2	25,2	25,6	26,7	26,6	25,3	28,0
Pluviométrie (30 ans) en mm													
• 1ère décade					8,0	40,6	72,5	109,3	97,3	39,2			
• 2ème décade					13,2	51,1	77,2	116,1	71,2	18,4			
• 3ème décade					22,9	54,5	98,5	109,0	59,6	8,7			
• moyennes mensuelles					44,1	146,2	248,2	334,4	228,1	66,3			1104,4
• moyenne 1969 à 1975	0,0	0,0	0,4	13,2	23,4	147,6	204,0	312,2	180,7	36,1	3,1	0,0	917,7
Evaporation (Piche) en mm													
• moyenne 1965 à 1970	242,9	253,1	305,6	278,8	233,3	136,5	71,7	47,8	46,8	76,7	159,5	224,3	2020,2
• moyenne 1971 à 1975	302,1	310,1	368,7	319,3	295,5	162,2	96,7	59,5	67,3	121,5	197,6	246,0	2546,5

**Tableau 5 : PRECIPITATIONS MENSUELLES ET ANNUELLES MOYENNES (mm)**  
arrêtées en 1968 et 1971

Localités	Coordonnées	Nombre d'années	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Befing-Nakona	12°33/10°15	4/6	0.0	4.0	0.2	7.3	56.5	205.7	245.6	328.6	266.6	98.8	8.9	3.4	1225.6
Sagabari	12°35/ 9°48	9/10	0.3	3.0	1.6	9.4	58.9	161.1	231.8	335.2	297.4	87.4	2.9	0.9	1189.8
Sirakoro	12°41/9°14	17/18	0.2	0.6	6.2	8.3	60.4	132.6	263.9	348.9	235.4	96.0	4.3	0.1	1156.9
Nakoula	12°51/8°26	11/14	0.5	0.1	0.0	3.0	41.6	129.2	268.5	360.6	188.4	60.1	12.6	0.2	1066.8
Sébetoro	12°57/9°01	11/16	0.6	1.0	1.9	10.0	56.3	117.0	246.1	348.2	219.8	71.7	13.9	1.0	1087.5
Kita *	13°02/9°30						44.1	146.2	248.2	334.4	228.1	66.3			1104.4
Faladie *	13°08/8°20					7.5	53.2	117.7	241.7	307.2	200.4	67.0			1017
Batimakana	13°15/9°23	6/7	0.0	0.0	0.0	8.3	42.8	107.9	151.2	274.0	179.7	64.1	9.2	1.6	830.8
Toukoto *	13°26/9°52						28.4	118.6	219.4	271.2	208.2	58.7			919.6

\* moyennes mensuelles arrêtées en 1971.

**Tableau 6 : PRECIPITATIONS ANNUELLES**

depuis la création des postes  
en mm

Station Année	SAGABARI	SIRAKORO	KITA	FALADIE	TOUKOTO
1931			1190		
32			1193		
33			1143	1288	
34			1067	1066	919
35			1369	1193	1044
36			1620	1238	635
37			1193	806	718
38			1516	1042	753
39			1259	1035	787
1940			1024	932	810
41			767	871	772
42			910	694	756
43			1188	1051	1003
44			829	986	1011
45			1093	1151	1183
46			1016	995	1069
47			953	924	704
48			1231	734	566
49			901	664	1071
50			1286	1232	998
51		1335	1286(7)	829	1071
52		927	878	1032	1135
53		1173	797	1143	785
54		1221	1238	1074	957
55		1077	1417	1056	1041
56		1077(7)	1301	1124	871
57		1448	1511	1111	1071
58		1269	1382	1397	1182
59		1186	1138	860	766
60	1017	867	1208	939	1023
61	1281	1175	1064	1117	1027
62	1134	1164	1302	1238	768
63	1010	1043	872	1019	888
64	1322	723	1106	1217	870
65	1301	1166	1073	-	675
66	1444	1275	1080	1143	841
67	1353	1063	1194	1125	1021
68	1063	1083	1029	826	-
69	1263	1196	959	-	1114
70	1155	952	860	622	768
71	1156	956	903	829	-
72	864	826	833	682	-
73	881	875	948	813	-
74	1318	1204	953	954	-
75	-	-	965	925	-

(7) Résultats douteux

d'espèces et de variétés doit être adapté aux conditions locales pour utiliser au mieux les possibilités que lui offre le climat local.

L'irrégularité des précipitations au début de la saison des pluies a souvent des conséquences désastreuses pour le semis. Il convient donc de déterminer la date optimale du semis après une étude fréquentielle des précipitations et de faire ensuite une sélection de variétés dont le cycle s'adapte aux conditions du climat local. La figure 7 indique pour les fréquences de dépassement 20, 50 et 80 % les précipitations par décade à Kita, Faladié, Toukoto et Kéniéba fournissant ainsi, pour l'adaptation aux conditions locales des renseignements très utiles.

La lutte contre le ruissellement superficiel contribuerait également au succès de levée des semis car elle augmente l'infiltration et par là, les réserves en eau du sol pour les jeunes plantes. Assez fréquemment en effet, la mauvaise préparation du sol est responsable de l'échec du semis ou d'une maturation précoce.

L'évaporation sous ce climat à longue saison sèche est élevée ; elle atteint 2.000 mm au cours des années normales et 2500 mm au cours des années sèches. Sa variation mensuelle est cyclique, comme celle des autres paramètres climatiques et va de 9,8 mm/j en mars à 1,5-1,6 mm/j en août-septembre.

En absence de mesures d'évaporation en bac ou de résultats de calcul d'évapotranspiration potentielle selon TURC dont les données s'approchent davantage de la réalité, il n'est pas possible d'estimer correctement le déficit hydrique des cultures pendant leur stade végétatif. Par analogie avec d'autres régions à climat semblable il est quand même possible de préciser qu'à KITA :

- le déficit hydrique est très important de Novembre à Mai et faible en Octobre,
- il y a équilibre global entre les précipitations et l'évapotranspiration en juin (mois d'ailleurs caractérisé par une pluviométrie très irrégulière)



- et qu'en juillet, août et septembre les précipitations dépassent largement l'évapotranspiration, surtout au mois d'août.

En absence de ruissellement, les excédents de juillet s'infiltrant dans le sol et permettent ainsi d'allonger le cycle végétatif de 15 jours à un mois (fonction de la profondeur d'enracinement des espèces) sur les sols à bon volant hydrique.

Le tableau 6, ainsi que la figure 8 résument la pluviométrie des principaux postes dans la région d'étude depuis leur création. Il en ressort qu'à travers la variabilité inter-annuelle dans les précipitations, il est possible de distinguer des périodes au cours desquelles les précipitations sont souvent supérieures ou au contraire, inférieures à la moyenne.

Ceci n'est pas sans conséquences pour l'agriculture. Les précipitations influent en effet sur les mouvements de la nappe phréatique qui se trouve dans les formations meubles du bas glaciaire. Celle-ci a tendance à monter lors d'une succession d'années plutôt humides et à baisser lorsque l'inverse se produit. Il s'ensuit que les risques d'engorgement des cultures en hivernage sont importants dans le premier cas, mais faibles dans le deuxième.

Nos enquêtes ont confirmé la réalité de ce phénomène.

Exemples :

- Sur les sols hydromorphes à hydromorphie marquée, les cultures d'arachide et de mil ont donné de bons résultats au cours de la dernière période sèche. Ces cultures n'étaient pas possibles ou subissaient des échecs graves pendant une période "humide" ou même "normale".
- des puits anciens, de plus de 20 ans n'ont dû être approfondis qu'à la fin de la dernière période sèche et cela d'environ 50 cm seulement à Faladié!

Les précipitations de forte intensité qui se produisent surtout au début de la saison des pluies peuvent avoir un effet néfaste pour les sols et pour les cultures. Lorsque le sol est insuffisamment protégé contre les impacts des gouttes de pluie.

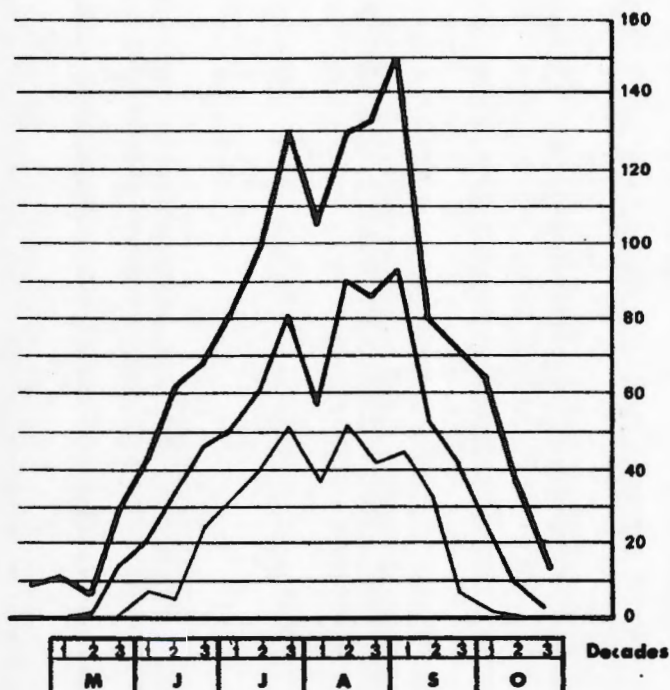


# PRÉCIPITATIONS PAR DÉCADE

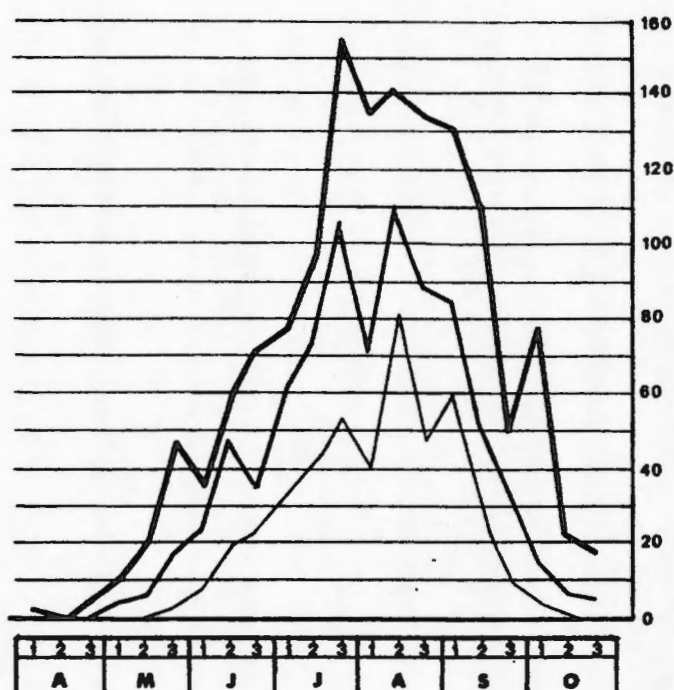
— 20%  
 — 50%  
 — 80%

FREQUENCES OBSERVEES

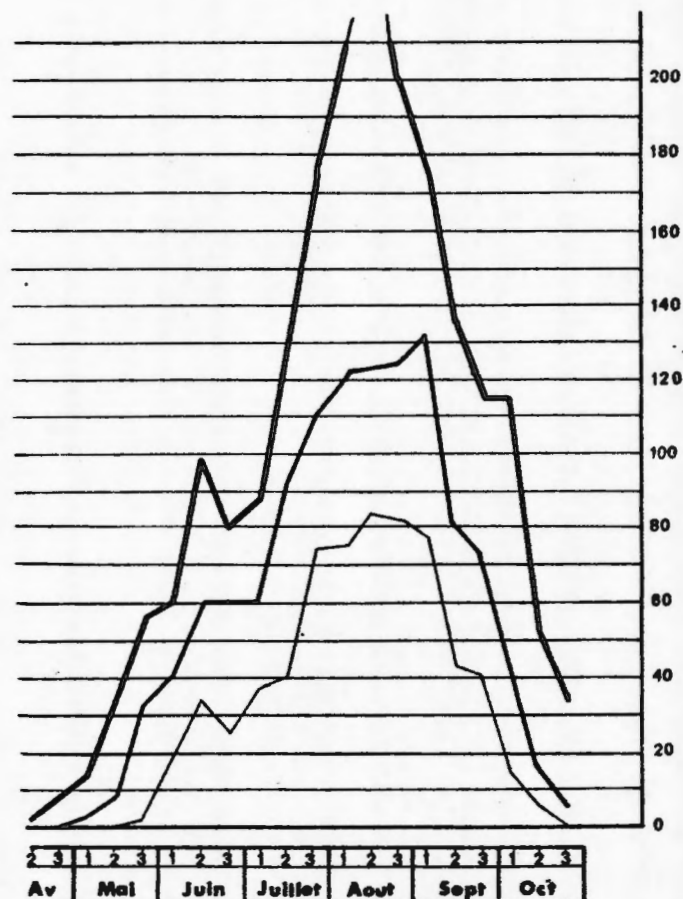
## TOUKOTO



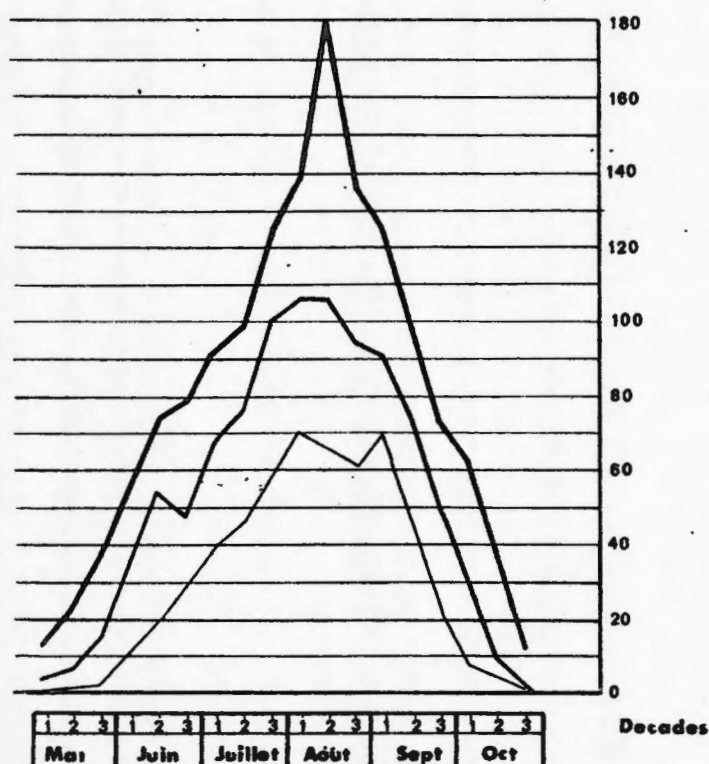
## FALADIÉ



## KÉNIÉBA

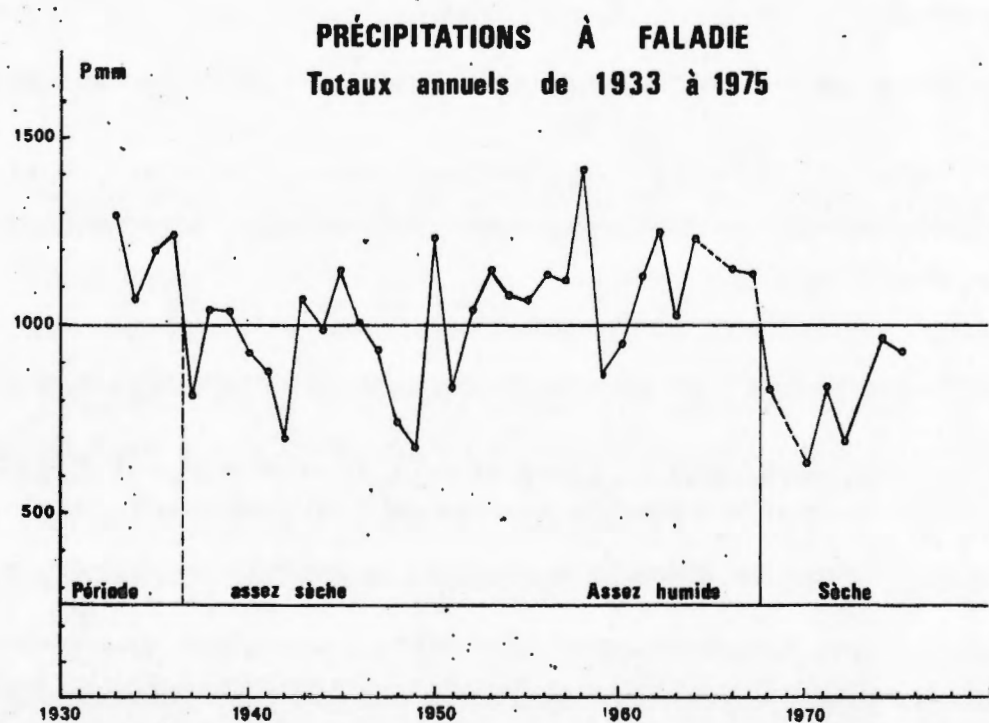
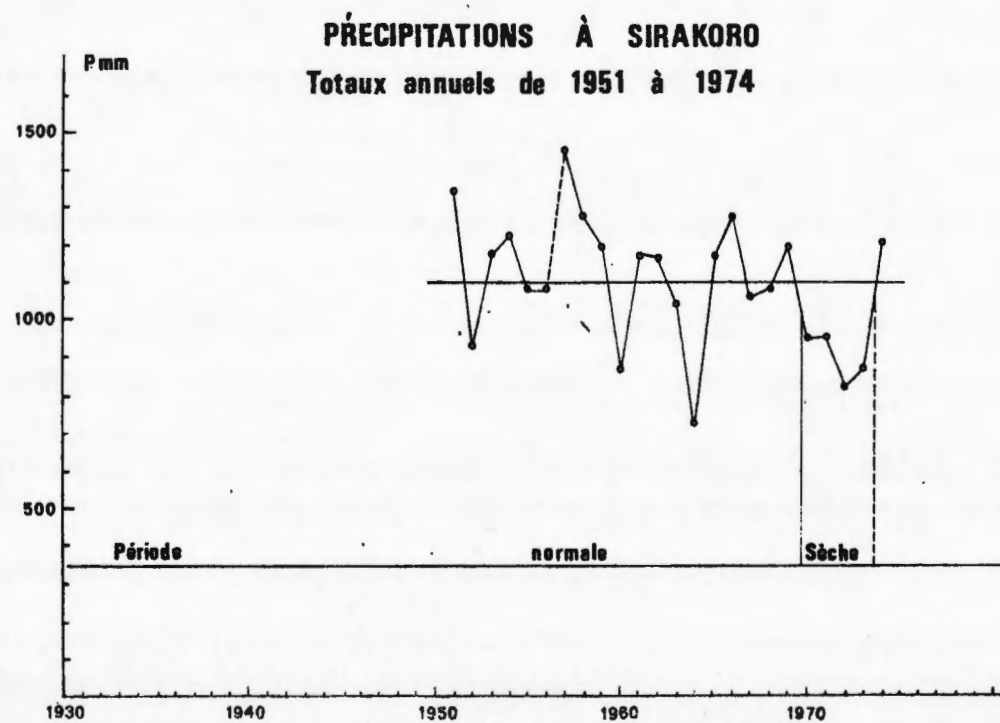
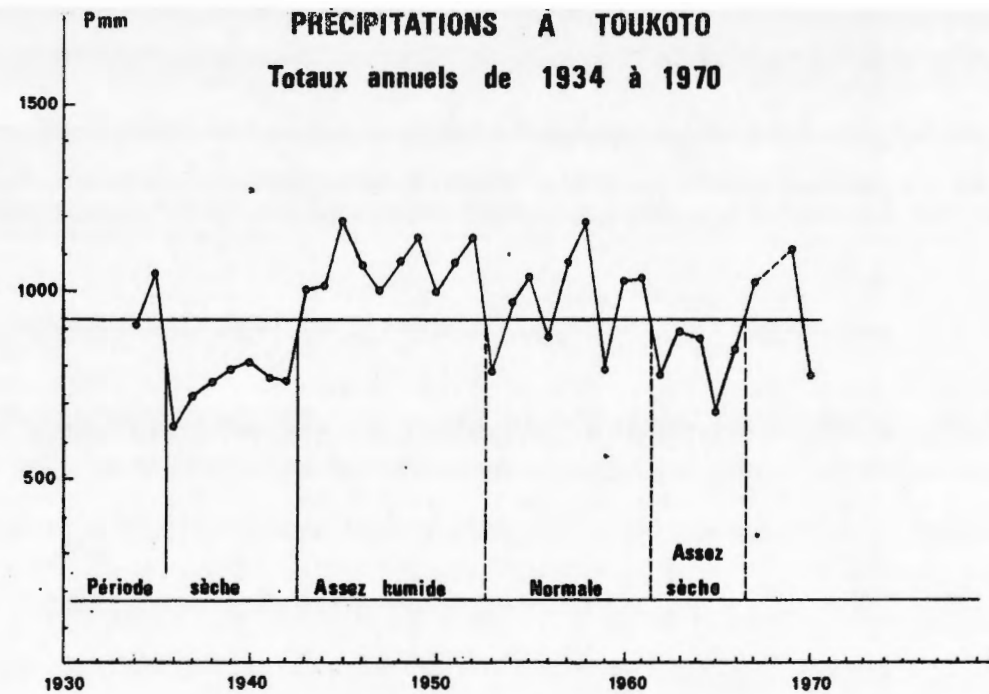
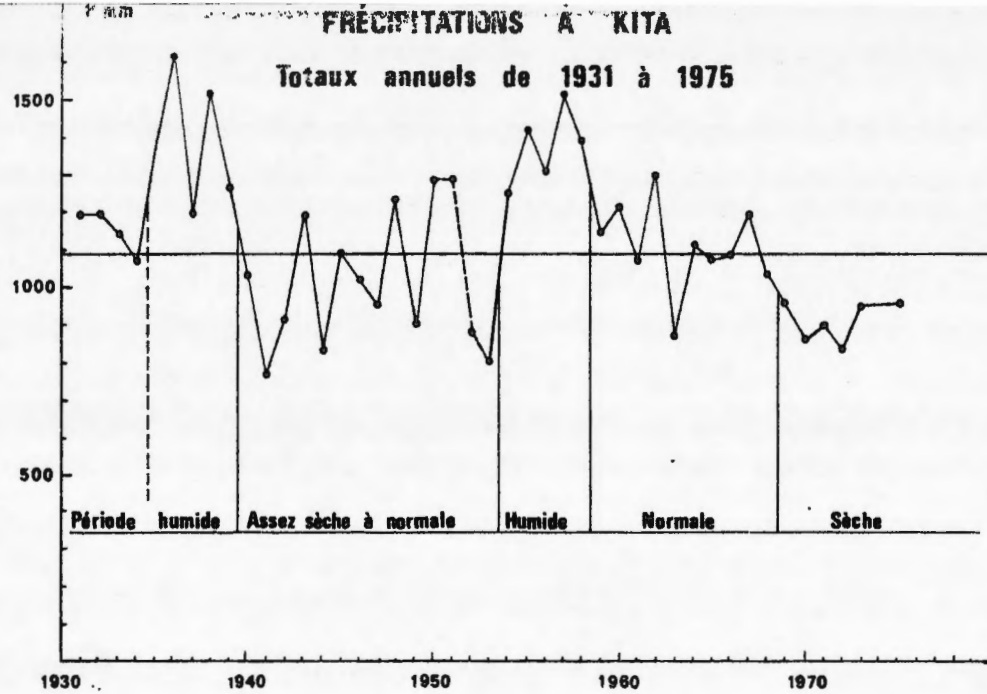


## KITA



Source : Rassemblement et synthèse des données pluviométriques des stations les plus importantes de MALI  
Juin 1972 ICR/DFT





Cet impact provoque dans ces sols à faible stabilité structurale une dispersion des agrégats et l'étalement des particules fines en surface. en une couche fine mais peu perméable et peu pénétrable aux racines. C'est le problème de battance et de glacage immédiatement en surface du sol, suivi par une prise en masse dans l'horizon superficiel. Ce phénomène est très important sur les sols du bas glacis, surtout après quelques années de culture.

### 3.3 Conséquences pour la pédogénèse

Aux deux saisons du climat correspondent deux phases pédogénétiques. Pendant la saison de pluies, l'humidité abondante et la température élevée permettent une pédogénèse intense favorisée par le développement végétal important ; ces conditions provoquent une mobilisation du fer, du manganèse... ainsi qu'une météorisation du substratum rocheux.

Pendant la saison sèche, la dessiccation du sol entraîne un arrêt progressif de tous ces processus de mobilisation et de lixiviation.

L'eau joue dans ces processus un rôle capital notamment comme agent de transport. En raison de fortes précipitations en Juillet, Août et septembre, dépassant largement l'évapotranspiration et la capacité de stockage d'eau dans le sol, il y a mouvement vertical, c'est à dire drainage qui appauvrit le sol. En absence des données de l'évapotranspiration, ce drainage peut être estimé avec l'indice de Henin

isohyète	900	1100	1300	$D = \frac{\chi P^3}{1 + \chi P^2} = \text{drainage en mm}$
$\chi$				
2	256	410	590	$\chi = \alpha \times 0,246 \text{ à } T = 28^\circ\text{C}$
1	149	254	382	
0,5	81	142	224	$\alpha = 2,1 \text{ ou } 0,5 \text{ (fonction de la perméabilité du sol)}$

P = précipitations en mètres

Ces valeurs, compte tenu de la température annuelle et de la répartition des pluies au cours de l'année, nous situent



dans un milieu dominé par la pédogénèse ferrugineuse, tout au moins si cette eau percole librement à travers le sol. Souvent ceci n'est pas le cas, et cela pour deux raisons :

Il peut y avoir entrave à la libre circulation de l'eau dans le sol en raison de la faible perméabilité des matériaux sous-jacents. Ceci se produit notamment dans les milieux gréseux, les milieux cuirassés ou carapacés et également dans le cas de matériaux argileux peu poreux comme les argiles vertiques. Cela a comme conséquence que la pédogénèse des sols est influencée, et très souvent même dominée, par l'hydromorphie du type "pseudogley".

L'engorgement du sol en hivernage peut aussi être la conséquence d'un mauvais drainage externe. En raison de sa faible pente, cela se réalise fréquemment sur le bas glacis ; notamment lorsqu'il est large ou quand les talwegs sont peu nombreux ou peu profonds. Dans ce cas, la nappe remonte fortement provoquant ainsi un engorgement des horizons supérieurs, et dans les cas extrêmes, comme à Patéla, une inondation passagère ; c'est ce que nous appelons de l'hydromorphie à gley de fort battement de nappe.

L'amplitude de la nappe sise dans le bas glacis est donc grande, de plusieurs mètres. Cette remontée importante en hivernage n'est pas seulement le fait de précipitations sur le bas glacis lui-même, mais également des apports par ruissellement superficiel et par écoulement endodermique des massifs, buttes et croupes dominant le bas glacis, apports particulièrement importants en cas de reliefs gréseux ou indurés. La quantité d'eau qui alimente effectivement la nappe du bas glacis est donc, compte tenu des proportions relatives du bas glacis, d'une part et les reliefs environnants d'autre part, le double ou quadruple du drainage calculé ci-dessus par la méthode Henin.

La mise en valeur ou la diminution du temps de jachère sur de larges portions du bas glacis accompagnée de déboisement, surpâturage ou brulis des interfluves cuirassés, carapacés ou gréseux avoisinants modifie le régime hydrique des sols du bas glacis dans le sens d'une plus grande hydromorphie : Les apports d'eau par ruissellement venant des interfluves deviennent plus importants en même temps que l'évaporation par la végétation et les cultures diminue. Cela a pour conséquence une remontée plus forte de la nappe dans le bas glacis en hivernage, et <sup>une</sup> descente moins accentuée en saison sèche ; les sols restent donc humides à partir de 60-65

cm de profondeur au lieu de se dessécher profondément.

### 3.4 Conséquences sur la morphogénèse

L'érosion hydrique est un danger particulièrement important dans la région d'étude du fait qu'une large proportion des précipitations tombe en averses de forte intensité à grande capacité érosive notamment au début de la saison pluvieuse, au moment où le sol, même sous végétation naturelle, est assez mal protégé. Nous sommes donc dans un milieu pénestable dans lequel il est nécessaire d'appréhender d'avance les conséquences que peuvent avoir les modifications qu'on souhaite introduire pour augmenter les rendements du milieu pour l'homme.

Des précipitations de forte intensité donnent lieu à deux phénomènes : dispersion de la surface du sol suivie de battance et glaçage (cf. sous chapitre 3.3) et écoulement superficiel de l'eau en lame très mince appelé "ruissellement" lorsque l'intensité des pluies dépasse la perméabilité et le pouvoir d'emmagasiner d'eau dans le sol. Le glaçage du sol favorise le ruissellement comme l'absence d'un couvert végétal dense.

Ce ruissellement est modéré en milieu naturel et n'y entraîne qu'un appauvrissement progressif en argile et en limon fin de l'horizon superficiel des sols. Dès que le ruissellement devient plus important, généralement consécutif à l'intervention de l'homme (feux tardifs, surpâturage, techniques culturales inadaptées ...), les conséquences le deviennent aussi ; il se produit un décapage des sols, localement accompagné d'érosion en rigoles, et parfois même du ravinement.

L'appauvrissement est un processus qui affecte l'ensemble des sols de la région ; dans presque tous les sols en effet, la teneur en argile et parfois aussi en limon de l'horizon superficiel est nettement plus faible qu'en dessous.

Le glaçage superficiel se produit par contre surtout sous culture ; il entrave la pénétration de l'eau et des racines dans le sol, et favorise le ruissellement. Le décapage apparaît par



conséquent, principalement dans les régions agricoles et il est particulièrement important autour de Faladié.

Le ravinement se manifeste actuellement principalement le long des axes de drainage profondément encaissés dans le bas glacis et cela surtout dans le quart nord est du périmètre. Il est accompagné par un recul lent des bords du bas glacis le long de ces axes et d'un épandage colluvial assez étroit et végétalisé au pied des petits escarpements délimitant le bas glacis.

Ces phénomènes sont probablement pour une large part, la conséquence du milieu morpho-climatique actuel car ils se produisent aussi en dehors des régions cultivées (ex. environs de Toukoto, bords du Baoulé). Mais il est certain, comme nous avons pu le constater, que le mode d'utilisation actuel des sols accélère ces processus.

Le milieu morpho-climatique actuel est aussi responsable d'autres phénomènes se produisant d'une façon très localisée ou discrète, tels que l'affouillement des berges par les cours d'eau. L'intervention de l'homme accélère actuellement aussi ces processus, notamment l'alluvionnement qui est important dans les régions agricoles. Par contre, les niches de décollement et loupes observées à quelques endroits dans le sud du périmètre semblent être, malgré leur netteté, des témoins de conditions de milieu plus humides qu'actuellement.

## 3ème PARTIE : LES UNITES MORPHO-PEDOLOGIQUES

### 1. INTRODUCTION

Malgré ce que pourrait suggérer son nom, le Plateau Mandingue montre une grande variété de paysages. Le paysage change en effet très nettement en allant du sud au nord, mais aussi des bords des principales rivières aux limites de leur bassin versant.

Les paysages sont caractérisés par un modelé caractéristique composé le plus souvent d'une succession régulière de plusieurs formes ayant chacune une définition géomorphologique et pédologique particulière. La carte morpho-pédologique établie au terme de cette étude rend compte de la distribution spatiale de ces formes et précise leurs caractères morphologiques et pédologiques.

Parmi ces formes, nous avons fait une distinction majeure basée sur le processus morphogénétique qui a déterminé l'aspect actuel de la forme :

- a) dissection : formes vigoureuses, contrastées, constituant les éléments saillants des paysages et résultant d'entaille et recul des versants de topographies anciennes,
- b) aplanissement : formes émoussées généralement de faible déclivité, élaborées surtout par décapage
- c) accumulation : formes d'épandage pléistocène non cuirassées et d'alluvionnement holocène dans les points bas des paysages.

Les formes d'aplanissement constituent l'essentiel des interfluves sur le périmètre, sauf dans le sud et le nord-ouest ; dans ces régions, les formes de dissection qui ailleurs n'occupent qu'une faible portion des interfluves et s'y présentent de manière isolées, forment dans ces régions l'élément majeur des paysages.



Les subdivisions apportées à l'intérieur de ces trois unités majeures sont fondées sur :

- la nature des matériaux présents
- les conditions de drainage

ou

- des particularités dans les formes.

Les principales subdivisions figurent comme unités morphopédologiques dans la légende, les autres comme surcharges sur la carte.

## 2. LES FORMES DE DISSECTION

### 2.1. Les reliefs gréseux (unité 1)

#### 2.1.1. le milieu

Les reliefs gréseux se présentent surtout sous forme de plateaux et massifs bien circonscrits par des falaises périphériques s'élevant au-dessus du bas glaciaire ou des croupes (carapacées ou gréseuses) de quelques 150 à 300 m. Le pendage horizontal des grès, la densité du réseau de diaclases et la dureté différentielle des couches ont orienté la dissection et le modelé actuel.

Les sommets des reliefs sont des surfaces structurales; le grès y affleure sous forme de dalles (lisses ou fragmentées en blocs et en plaquettes) de chicots tabulaires, de petites buttes ruiniformes. Les affleurements discontinus sont associés à des plages sableuses de désagrégation des grès.

Parfois les grès sont ferruginisés sur les premiers 10 à 50 cm et prennent l'aspect d'une cuirasse. Il est probable que cette imprégnation ferrugineuse se soit produite à la base d'une zone d'altération kaolinique qui a disparu aujourd'hui. En effet, autrefois, ces reliefs étaient coiffés par une cuirasse; il en reste de très rares lambeaux, principalement dans la zone centrale. La Montagne de Kita\* constitue un exemple d'un tel cas.

---

\* Les plus étendues sont signalées par une surcharge sur la carte.

Les bordures des plateaux sont la plupart du temps très abruptes, et les versants raides presque dépourvus de matériaux meubles. Parfois, on observe plusieurs corniches, verticalement étagées, qui correspondent à des couches de grès quartzitiques, plus dures.\*\*

Ces formes gréseuses très massives sont nombreuses au SW de TOUKOTO. Elles y forment l'essentiel du paysage en ne laissant entre elles que des plaines encaissées assez étroites et longitudinales à topographie plane comprenant des glacis versants gréseux ou carapacés noyés dans les remblais du bas glacis.

Ces massifs existent de manière isolée aussi ailleurs dans le périmètre mais sont dans ce cas souvent moins grands et leur forme s'apparente plutôt à des buttes de quelques dizaines de mètres de hauteur qu'à des massifs tabulaires. Fréquemment les versants de ces buttes ne sont plus des escarpements mais des versants de forte déclivité, très irréguliers et rocheux ou par contre pavés de dalles et blocs de grès protégeant un peu de terre fine contre le ruissellement.

Les reliefs gréseux n'existent pas dans la partie méridionale du Plateau Mandingue ; ils font place à des massifs tabulaires cuirassés, leurs pendants des régions plus humides.

En raison de la nature essentiellement rocheuse des reliefs gréseux et du climat très contrasté, le tapis végétal est clair, surtout sur les plateaux car la dalle gréseuse nue est impropre à l'installation d'une strate herbacée ou d'un couvert ligneux continu. Les plantes supérieures se développent donc en des endroits privilégiés : diaclases, joints de sédimentation, failles, versants à éboulis ... Le pédoclimat plus humide des diaclases élargies en gorges étroites à l'intérieur des massifs a localement permis la conservation d'espèces reliques guinéennes.

---

\*\* Les grès durs des escarpements donnent par érosion des figures ruiniformes qui peuvent rester isolées après que le versant original ait reculé.



Les reliefs gréseux constituent un milieu morpho-pédologique instable mais évoluant actuellement lentement en raison de la résistance des roches au ravinement et à l'érosion auréolaire et la lente météorisation des grés. Les produits de désagrégation des roches étant périodiquement entraînés par le ruissellement ou emportés par le vent, il s'ensuit qu'il ne peut pas se former de sol sauf à des endroits privilégiés.

L'évolution rapide de ces reliefs se fait principalement après une phase d'altération et d'ameublissement profonde des roches, c'est à dire lorsque la pédogénèse domine sur la morphogénèse. Les conditions sous lesquelles peut se réaliser cette transformation de matériau rocheux en des matériaux érodables sont différentes pour le relief proprement dit et pour sa base.

La météorisation rapide des reliefs ne peut être réalisée qu'en des climats plus humides à saisons moins contrastées qu'actuellement. Lors d'une phase érosive suivante on assiste alors à une sorte de "fonte" de ces reliefs comme un morceau de sucre qu'on imbibe d'eau.

Au pied des reliefs par contre, tout au moins lorsqu'ils sont noyés dans des matériaux meubles, l'altération se produit actuellement grâce au fait que le milieu reste humide tout au long de l'année. Après reprise de l'érosion déblayant les pieds des reliefs, les escarpements sont mis en porte à faux et le relief évolue par recul des versants.

#### 2.1.2 les sols et les possibilités agricoles

Les reliefs gréseux n'ont pour ainsi dire pas de sols ; les affleurements rocheux prédominent et les sols existants sont généralement peu profonds. Ils subissent une pédogénèse ferrugineuse, éventuellement hydromorphe ; la dernière exclusivement en des positions peu inclinées : les sommets des massifs et les replats éventuels sur les versants. Les conditions de milieu sont d'ailleurs fort semblables à celles des croupes et versants gréseux (la 8<sup>e</sup> unité cartographique).

Dans les gorges étroites à l'intérieur des massifs, les sols sont plus profonds car développés sur des matériaux détritiques récents qui sont parfois d'ailleurs très caillouteux.

Profils 59 et 120, décrits en annexe, sont des exemples de sols typiques des versants de forte déclivité et recouverts d'un pavage de cailloux et dalles de grés.

L'unité "reliefs gréseux" n'a que de très faibles possibilités agricoles. De ce fait, ils servent exclusivement à une réserve de bois, exploitée surtout dans les régions peuplées. Partout, ailleurs, ce sont des petites réserves naturelles et des refuges pour les animaux, notamment pour les singes

## 2.2 Les reliefs tabulaires à sommet cuirassé (unité 2)

### 2.2.1 le milieu

Les hauts reliefs cuirassés se présentent sous forme de massifs tabulaires à sommets cuirassés presque dépourvus de végétation ligneuse, délimitée par des versants largement boisés de forte pente ( $> 10\%$ ) et de grands dénivelés (200 à 400 m). Ils ne sont présents que dans la partie méridionale du Plateau Mandingue où ils forment l'ossature du paysage : ces reliefs massifs émergent d'une plaine faiblement ondulée et largement cuirassée.

La cuirasse sommitale est ancienne ; elle est le reste d'une des surfaces d'aplanissement anté-quaternaire (cf. II.2). Son épaisseur est importante, elle peut atteindre une dizaine de mètres sur les bordures des plateaux. Ces cuirasses sont essentiellement d'origine autochtone, c'est à dire formées progressivement au sein d'une altérite meuble, par enrichissement en fer et alumine\*. Elles reposent sur une altérite ferallitique meuble ou carapacée formée sur grés ou dolérite\*\*.

Ces témoins d'anciennes surfaces cuirassées ont généralement une forme allongée. Leur topographie bien qu'assez plane n'est pas identique partout ; elle peut être un glacis à pente

---

\* Les cuirasses de la surface crétacée et éocène sont bauxitiques riches en alumine. Le taux d'alumine est très variable, 20 à 70% à la fois fonction de la profondeur et de la proximité de la bordure du bowal. Lorsqu'elle est riche en gibbsite, la cuirasse est du type scoriacé, de couleur claire (crème), mais elle peut être de type pisolitique à pisolithes à structure interne nettement concentrique. La cuirasse de la surface éocène est essentiellement ferrugineuse.

\*\* Il semble que les hautes surfaces aient été conservées préférentiellement sur les sills de dolérite, plus riches en fer et en alumine que le grés, donc à cuirasse plus épaisse et plus résistante. Nous avons en effet observé plus souvent sous la cuirasse des affleurements de dolérite que des affleurements de grés.



douce, une croupe faiblement convexe ou même parfois avoir de larges ondulations. La surface est jonchée d'une rocaille et de gravillons ferrugineux, résultant du démantèlement de la cuirasse, sur 5 à 20 cm d'épaisseur. Dans les dépressions ou replats, lorsqu'ils existent, la cuirasse est recouverte d'un matériau limoneux hydromorphe.

L'altitude des cuirasses sommitales décroît du nord au sud en même temps que leur âge et taille diminuent.

Le versant "type" de ces reliefs tabulaires débute par la corniche de la cuirasse puis recoupe successivement la carapace sous-cuirasse, les altérites kaolinitiques souvent épaisses et ensuite le substratum rocheux qui peut être successivement des grès et des dolérites.

Les matériaux superficiels de ces versants sont des formations de pente composées d'éboulis de cuirasse démantelés en blocs et surtout en gravillons ferrugineux mêlés à une matrice limono-argileuse. En-dessous se trouve l'altérite parfois meuble et rougeâtre, mais le plus souvent incomplètement altérée et d'aspect carapacé. Sur les versants très abrupts, la formation de pente est plus hétérogène et recouvre de façon discontinue le substratum rocheux qui est généralement du grès. Les sills de dolérite libèrent des boules qu'on retrouve parmi le matériel grossier recouvrant le versant.

Souvent, ces versants en contre bas des surfaces tabulaires sont irréguliers, à ressauts. Ils sont d'origine structurale c'est à dire liés à la présence de bancs de grès plus résistants, ou formés des restes de topographies anciennes élaborées après celles qui coiffent le massif.

Il n'est d'ailleurs pas rare qu'une partie du versant soit encore cuirassée aussi bien des sections à forte pente que des faux replats. Ils peuvent occuper jusqu'à 30 % des versants des massifs. Ceci est étroitement lié au fait que le cuirassement de la dernière surface anté-quaternaire s'est produit dans un paysage

très imparfaitement aplani et a affecté aussi des versants à forte pente. En raison de la plus grande résistance à l'érosion de ces cuirasses de versant que les matériaux sous-jacents, elles ont pu être conservées , tout au moins partiellement, jusqu'à nos jours.

Tant qu'elles n'occupent qu'une fraction réduite des versants des reliefs, nous les avons cartographiées comme des reliefs tabulaires ; dans le cas contraire comme des "reliefs ondulés fossilisés par une cuirasse". Dans la réalité, il y a souvent passage progressif d'un modelé à l'autre et parfois même une imbrication assez complexe en raison des modifications intervenues dans le réseau de drainage depuis le début du quaternaire, et des différences d'un sommet à l'autre en altitude et en distance par rapport à l'axe de drainage principal le plus proche.

La végétation des versants non cuirassés est dense et du type forêt claire à *Pterocarpus erinaceus*, *Anogeissus leiocarpus*, *Albizzia malacophylla*, *Butyrospermum parkii*, *Terminalia macroptera*, *Combretum glutinosum*, *Oxytenanthera abyssinica* ... Parfois elle forme un fourré de bambous. Cette végétation dense contraste avec l'aspect dénudé des plateaux et versants cuirassés.

Dans le sud, les paysans font presque exclusivement leurs champs sur ces versants et non sur le bas glacis malgré la pierrosité des sols et la forte pente. D'après enquête, les rendements sont dans les deux cas comparables mais les champs sur les versants demandent beaucoup moins d'entretien. Après 3 ans de culture sur le bas glacis, la lutte contre les mauvaises herbes devient une tâche trop lourde et on préfère donc les sols des versants qui peuvent être exploités pendant 7 ans.

Les surfaces cuirassées sont le siège d'un ruissellement intense qui entraîne périodiquement le peu de terre fine libérée par le lent démantèlement de la surface de la cuirasse. En raison de sa résistance à l'érosion, il n'y a pas de ravinement sur la cuirasse.



La dynamique sur les versants non cuirassés est toute autre. Le matériel est perméable et peut emmagasiner une large partie des précipitations. L'excès d'eau ruisselle, mais en raison de la densité du couvert végétal et la nature gravillonnaire des matériaux superficiels il n'y a pas de décapage mais seulement un appauvrissement lent et modéré en argile et limon dans les horizons superficiels.

Sur ces versants on peut (tout au moins localement) observer les signes d'autres processus morphodynamiques à déplacement en masse de matériaux meubles : reptation par mouvement lent et loupes de glissement suite à un déplacement rapide de grande quantités de matériaux. Ces phénomènes se produisent en des conditions particulières lorsqu'il y a un excès d'eau dans le sol. Le dernier processus ne semble pas se produire sous le climat actuel.

Ces versants, actuellement protégés par un couvert végétal dense, constituent un milieu fragile. La disparition de cette couverture risque d'augmenter le ruissellement et engendrer des phénomènes d'entaille suivis d'érosion auréolaire pouvant même aboutir à un recul des versants ; précisément le processus qui a formé ce type particulier d'interfluve.

D'après nos observations ces phénomènes ne se produisent pas encore sur les versants cultivés dans notre périmètre, mais le risque devient important si les jachères disparaissent et les techniques culturales ne sont pas adaptées à ces conditions particulières comme dans la région de KATI.

### 2.2.2 les sols et leurs possibilités agricoles

Sur les sommets tabulaires et autres surfaces cuirassées il n'y a pas à proprement parler de sol, il n'y a que de la cuirasse jonchée de rocaille et de gravillons sur 5 à 20 cm d'épaisseur, dans les dépressions recouvertes d'une terre limoneuse. En raison de la faible perméabilité de la cuirasse, ces matériaux de recouvrement sont engorgés d'eau après les pluies. et les sols existants sont par conséquent du type hydromorphe.

Les profils 50, 51, 118 et 139 (décrits en annexe) bien que prélevés en d'autres formes de modelé, sont caractéristiques des sols qui se trouvent sur ces cuirasses.

Ces surfaces cuirassées ne présentent qu'un intérêt très médiocre pour l'agriculture. Elles peuvent éventuellement servir de paturage extensif en saison de pluies ou fournir du fourrage mais conviennent en fait à aucune exploitation autre que touristique ou de réserve naturelle.

Les versants non cuirassés, surtout lorsque le matériau meuble est profond, offrent de plus larges possibilités agricoles. Les sols sont bien drainés, poreux et restent longtemps humides grâce aux suitements le long des versants ; Ils sont en outre relativement bien pourvus en éléments nutritifs.

Leurs inconvénients-de taille-sont : la très forte teneur en gravillons, la présence de blocs parfois très nombreux en surface et dans l'horizon superficiel, l'irrégularité dans la configuration des versants, la présence de bancs rocheux à sols peu profonds et surtout leur pente, de 15 % à parfois 100 %.

Sur d'autres plans ces cuirasses sont intéressantes ; elles forment un support parfait pour les routes et les pistes d'avions, ont de bonnes qualités pour en faire des remblais de route, et sa forte teneur en alumine et fer permettra peut être dans le futur une exploitation minière.

Par leur morphologie et leurs caractères physico-chimiques la plupart des sols s'apparentent aux sols ferrallitiques remaniés et se caractérisent de la façon suivante :

Caractères morphologiques :

- Milieu : versant à pente forte 15-70 % pavé de blocs de cuirassés
- 0-10/15 cm : horizon humifère de couleur sombre, très gravillonnaire, poreux, meuble à nombreuses racines, terre fine limoneuse à limono-argileuse en petits agrégats émoussés
- A
- 10/15-20/30 : idem mais de couleur brun rougeâtre foncé, texture légèrement plus fine
- 20/30-50/80 : horizon rougeâtre très gravillonnaire, poreux, meuble racines, terre fine de texture argileuse, passage très progressif et ondulé à



50/80-120 cm : matériau rougeâtre très graveleux à débris de carapace de forme irrégulière ; poreux ; assez cohérent ; racines ; terre fine de texture argileuse

Caractéristiques analytiques : (par 100 g de terre fine)

- texture : argileuse à 50-60 % d'argile, plutôt limoneuse en surface (15-30 % d'argile) ; 60 à 85 % d'éléments grossiers
- matière organique : 3 à 6 % en surface à rapport C/N de 14 à 16
- phosphore : 200 à 500 ppm en surface, moins en dessous (150-350 ppm) ; assez peu assimilable (5 %)
- complexe d'échange : C.E.C. 4 à 13 mé en surface, 10 à 20 mé en dessous ; saturation en bases de 60 à 100 % en surface, de 30 à 80 % dans l'horizon B
- pH : 6,2 à 6,6 en surface, diminuant en profondeur (5,2 à 6)
- potasse : 3 à 6 ‰ de potasse total (satisfaisant)

Une description et caractérisation physico-chimique plus précises sont données dans l'annexe des profils 49, 66, 89, 62, 86 et 98\*

Ces sols non cuirassés des versants occupent entre 30 et 60 % de la surface occupée par les reliefs tabulaires ; leur importance est plus grande si on tient compte de leur pente. Ils conviennent assez bien à une exploitation arborée qui protège en plus les sols contre l'érosion, mais ils présentent aussi un intérêt pour les cultures annuelles d'autant plus qu'il n'y a souvent pas ou peu d'autres terres agricoles dans les régions où se trouve cette unité morphopédologique.

Pour préserver le patrimoine "sol" existant et en même temps tirer le maximum de ce que ces terres peuvent offrir, il est nécessaire de définir et de mettre en oeuvre les techniques et assolements adaptés à ce milieu particulier dans le cas où une intensification de l'agriculture sur ces versants serait envisagée ou devrait se produire ; les techniques traditionnelles utilisées actuellement ne semblent pas les meilleures.

---

\* Les 3 derniers profils concernent en fait les versants, plus faciles d'accès, de l'unité suivante ; le profil 66 la partie terminale d'une loupe de glissement, et le profil 89, un sol pavé de boules de dolérite et développé sur cette roche ; le fait que la morphologie des sols et la nature des matériaux superficiels se ressemblent permet leur groupement pour la caractérisation physico-chimique.

## 2.3 Les buttes et plateaux en lanière à sommet cuirassé (unité 3)

### 2.3.1 le milieu

Cette unité diffère de la précédente surtout par le dénivelé nettement moindre des versants qui est rarement supérieur à 100 m, et souvent aussi par les dimensions plus réduites de la cuirasse sommitale. Si les reliefs tabulaires sont exclusivement présents dans le sud du périmètre, les buttes et lanières cuirassées se rencontrent surtout dans le centre.

La cuirasse de ces unités appartient le plus souvent au haut glacis mais elle peut aussi être de la "surface intermédiaire" et quelque fois du moyen glacis. Elle est de ce fait, généralement moins épaisse et ferrugineuse au lieu de bauxitique, mais sa surface est comme son pendant des reliefs tabulaires, jonchée de débris gravillonnaires sur 5 à 20 cm.

Souvent elle est développée dans un matériau détritique grossier, tout au moins pour ce qui concerne sa partie supérieure. Les cuirasses du haut et moyen glacis se sont en effet formées en contre bas de reliefs cuirassés antérieurement (et aujourd'hui le plus souvent disparus) qui ont fourni le matériau superficiel et le fer qui a cimenté les glacis. Comme les cuirasses des reliefs tabulaires, celles des buttes et lanières semblent être préférentiellement conservées sur les sills de dolérite, plus riches en fer et alumine que les grès

En raison du moindre dénivelé et de l'âge plus récent de la surface sommitale, les versants diffèrent de ceux des reliefs tabulaires par leur forme plus régulière (généralement parfaitement concave) et l'absence de parties cuirassées (à part la corniche). Les sols sont par conséquent essentiellement du type ferrallitique remanié, rougeâtres et profonds ; sauf dans le nord, en raison de la faible épaisseur des altérites, les grès affleurent parfois sur les versants et les sols sont minces et comparables à ceux des buttes gréseuses.

Le plus souvent, la cuirasse sommitale de chacune des unités individualisées sur la carte, appartient à une seule des



surfaces précitées. Mais il existe aussi des unités où en plus subsistent des restes d'une surface plus ancienne ; ils ont été signalés par une surcharge sur la carte. Généralement, ces témoins sont nettement moins étendus que la surface qu'ils dominent et se trouvent pour ainsi dire posés sur la surface cuirassée plus récente. En d'autres cas on a plutôt à faire à une surface polycyclique sur laquelle deux anciennes topographies se rencontraient en biseau.

Ces buttes et lanières forment avec les massifs et les buttes gréseuses l'ossature du paysage de la moitié septentrionale du périmètre. A leur pied s'étale soit directement le bas glaciaire, soit les versants faiblement inclinés des formes d'aplanissement-relayées à leur aval par le bas glaciaire. Ce paysage est plus ou moins ouvert en fonction de l'espacement entre ces formes en relief et leur massivité.

Dans le sud par contre, ces buttes et lanières forment le plus souvent le prolongement d'anciens glacis et versants cuirassés et ne s'individualisent pas de ce fait dans le paysage comme des reliefs dominants.

La morphodynamique, la végétation et l'utilisation par l'homme de ces buttes et lanières diffèrent peu des hauts reliefs tabulaires cuirassés ; les bosquets de Combretum sur la cuirasse sommitale y sont plus fréquents, les versants moins souvent cultivés mais souffrent par contre beaucoup plus des feux.

### 2.3.2 les sols et les possibilités agricoles

Les sols des versants et des sommets cuirassés étant semblables à ceux des hauts reliefs, nous renvoyons le lecteur au même paragraphe du chapitre précédent pour des précisions.

Il est à signaler que les matériaux des versants dans le nord bien que restant comparables à ceux des régions plus méridionales, paraissent subir une évolution ferrugineuse au lieu de ferrallitique, tout au moins si les matériaux des sols dérivent ou sont développés sur des altérites de grès. Exemple profil 82.

Les possibilités agricoles sont en principe identiques à celles de l'unité précédente, mais en fait elles sont souvent moindres en raison des faibles dimensions des versants et sommets ; la portion de versant utilisable pour des cultures est généralement réduite à quelques dizaines de mètres.

## 2.4 Les buttes et lanières à dolérite ou pélite (unité 4)

### 2.4.1 le milieu

Les formes de relief résultant de la météorisation et l'érosion de pélites et d'injections de dolérite dans des grés sont très différentes de celles qui se sont développées en des matériaux essentiellement gréseux. Elles sont plus arrondies et n'ont notamment pas de corniches gréseuses ou de cuirasse comme les unités 1, 2 et 3 qui elles ont une forme souvent nettement hachée.

Ces formes plus arrondies sont fréquentes dans la région de TOUKOTO ; elles s'y présentent surtout sous forme de lanières de quelques dizaines de mètres de hauteur sur le sommet des reliefs gréseux. Ailleurs, ces matériaux émergent sous forme de buttes des croupes carapacées, plus rarement du bas glacis ou des croupes cuirassées et sont généralement trop petites pour être individualisées sur notre carte.

Si presque partout leur substratum est de la dolérite, il n'en n'est plus de même dans l'extrême nord-ouest où ces formes semblent liées à la présence des pélites cambriennes. Étant donné que les intrusions de dolérite dans ce matériau schisteux sont nombreuses, il est difficile de faire la part des choses car un paysage de boules de dolérite peut recouvrir des pélites. Les deux cas ont en effet été observés : buttes sans et avec recouvrement de boules sur la partie sommitale.

La végétation sur ces buttes et lanières est celle d'un fourré, plutôt arbustif dans le nord mais arboré dans les régions méridionales, dans lequel prédomine souvent une seule espèce.



Quant aux processus morpho-dynamiques, ils sont peu actifs sur les buttes doléritiques ; les sols lorsqu'ils existent sont protégés contre le ruissellement par le pavage de boules. Il en est tout autre sur les buttes de pélite où le ruissellement décape rapidement le matériel meuble dès que la végétation naturelle disparaît ; elles forment un milieu fragile qu'il convient de protéger.

#### 2.4.2 les sols et les possibilités agricoles

Les buttes doléritiques se présentent généralement comme un chaos de boules et d'affleurements rocheux arrondis, plus rarement comme un massif rocheux dont tous les angles sont émoussés et le pied noyé dans une masse de boules et de matériaux terreux.

Sous ces boules existe un sol souvent profond et toujours argileux et poreux. Celui-ci est rouge, riche en gravillons ferrugineux dans les premiers décimètres dans le sud où il s'apparente à des sols ferrallitiques remaniés des versants des reliefs à sommet cuirassé (exemple profil 89). Ailleurs il est brun jaunâtre, peu ou pas gravillonnaire mais parfois caillouteux dans les premiers décimètres et est du type "sol brun entrophé tropical" (exemple profil 61).

Ces sols possèdent des propriétés chimiques et physiques très convenables mais le fait qu'ils soient pavés de boules, situés sur des pentes fortes et présents de manière discontinue, limite sévèrement leurs possibilités agricoles. Ces unités demanderont des travaux d'épierreage et d'aménagements anti-érosifs très importants lorsqu'une utilisation intensive des parties les moins rocheuses en des cultures annuelles serait envisagée. Dans la plupart des cas, il serait préférable de laisser ses buttes sous végétation naturelle en adaptant si nécessaire les espèces aux possibilités du milieu et aux besoins du pays.

Les buttes de pélites ont sur leurs versants des sols très caillouteux peu profonds, à texture limono-argileuse et à tendance brunifiante. Les sommets par contre ainsi que les versants

couverts d'une savane très claire sont rocheux ou n'ont que des sols embryonnaires. Nous recommandons de protéger ce milieu très fragile et de faible intérêt agricole, contre des coupes de bois inconsidérées et les feux.



### 3. LES FORMES D'APLANISSEMENT

#### 3.1 Les reliefs ondulés fossilisés par une cuirasse (unité 5)

##### 3.1.1 le milieu

Les reliefs ondulés fossilisés par une cuirasse se présentent comme des buttes et collines de formes arrondies et couvertes d'une végétation ligneuse très clairsémée assez souvent répartie par bosquets. Elles ne sont présentes que dans la moitié sud du périmètre où elles se trouvent principalement aux limites des anciens bassins versants sous forme de buttes ou collines isolées ou comme un ensemble ondulé. Dans le dernier cas, des reliefs tabulaires cuirassés leur sont souvent associés.

La dénivelée de ces buttes et collines est très variable : elle va de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres et dépend surtout de l'époque à laquelle le cuirassement s'est produit.

Les formes peu élevées sont des topographies anciennes dont la convexité sommitale appartient généralement au haut glacis et les versants au moyen glacis. La cuirasse des formes à plus grande dénivelée et à versants plus forts appartient par contre pour l'essentiel à la surface intermédiaire ; régulièrement, la cuirasse de la convexité sommitale de ces grandes buttes a même déjà été élaborée lors de l'aplanissement éocène.

Ces hauts reliefs ondulés sont dans notre région souvent étroitement associés à des formes tabulaires, cuirassées essentiellement sur leur sommet\* ; ils peuvent être accolés à ces derniers en bordure des grands massifs ou par contre former l'essentiel du massif dont seulement une partie a été entaillée en buttes tabulaires par l'érosion postérieure.

La pente des formes peu élevées est généralement comprise entre 5 et 15 % et dépasse rarement 20 %. L'inclinaison des versants des formes hautes est plus importante que dans le cas précédent et peut dépasser 30 %.

---

\* l'unité 2

La cuirasse est recouverte de façon discontinue par un matériau de démantèlement sur 5 à 20 cm. Celui-ci est essentiellement gravillonnaire ou caillouteux suite au ruissellement intense en hivernage qui entraîne les portions fines.

Sur les fortes pentes, la cuirasse est du type conglomératique englobant des cailloux et blocs provenant de cuirassements antérieurs ou des grès. Lorsque les pentes sont très fortes, des bancs de grès peuvent affleurer sur les versants mais forment rarement des corniches tant que ces grès sont imprégnés de fer ce qui est la plupart du temps le cas.

Au sud de Sanfinian, la cuirasse et aussi son recouvrement meuble contiennent des cailloux gréseux qui sont noirs, lourds et riches en magnétite. Ils ont une forme aplatie à angles émoussés.

La végétation, les matériaux, les sols et la morphodynamique sont tout autre sur les versants des talwegs qui ont réussi à s'entailler dans ces formes cuirassées. Ces versants sont boisés et délimités de l'ensemble cuirassé par une corniche. Leurs caractères sont identiques à ceux des grands versants des reliefs tabulaires (cf. III.2.2) mais n'occupent dans le cas présent qu'une faible partie de l'unité ; inférieur à 10 % en cas de reliefs bas, jusqu'à 30 % dans les hauts reliefs ondulés.

### 3.1.2 les sols et les possibilités agricoles

Cette unité présente un intérêt très médiocre pour l'agriculture car elle consiste pour l'essentiel en une cuirasse jonchée d'une pellicule de produits grossiers de démantèlement. L'avantage par rapport aux cuirasses des reliefs tabulaires (unité 2) est que l'accès et le parcour y sont plus aisés.

Les sols des longs versants non cuirassés offrent plus de possibilités mais n'occupent qu'une faible partie de cette unité et cela de manière très dispersée.



### 3.2 Basses croupes, faibles ondulations et glacis cuirassés

(unité 5)

#### 3.2.1 le milieu

Cette unité englobe toutes les formes largement cuirassées et de faible pente (2-6 %) indistinctement de la phase d'aplanissement et d'induration tant que les versants des ravins et ceux délimitant ces formes occupent une fraction restreinte de l'unité ou ont une dénivelée réduite par rapport à l'étendue de la surface cuirassée et que par conséquent il n'y a pas eu de mise en relief des surfaces cuirassées.

Le plus souvent, cette surface cuirassée fait partie du moyen glacis, mais souvent elle s'est déjà formée lors de la pédiplinisation qui a mis en place le haut glacis. Souvent aussi, cette cuirasse est en fait une surface polycyclique sur laquelle il y a continuité dans la forme entre les différentes portions de l'ensemble cuirassé. Pour cette raison, cette unité peut même renfermer des cuirasses attribuées à la "surface intermédiaire".

La différence essentielle avec l'unité précédente est d'ordre topographique : formes planes peu contrastées dans le cas présent, formes ondulées plus contrastées dans l'autre. Les deux unités ne sont bien développées que dans la moitié sud du Plateau Mandingue où elles occupent des positions différentes dans les paysages.

La présente unité consiste dans le sud en de larges plaines mollement ondulées descendant lentement vers les principales rivières et se raccordant sous forme de glacis faiblement inclinés aux principaux reliefs ou formant des plaines intérieures entourées de ces mêmes reliefs. Fréquemment des talwegs ont pu s'inciser sous forme de ravins dans ces plaines cuirassées. Les accumulations alluviales récentes y sont par conséquent étroites et souvent inexistantes. Elles sont plus étendues en amont de ces plaines, là où la cuirasse n'a pas été entaillée, et forment parfois des cuvettes ou glacis d'épandage au pied des reliefs cuirassés.

Plus vers le Nord, et le long des principales rivières, la morphogénèse quaternaire a été différente. Ces topographies cuirassées peu contrastées s'y présentent par conséquent aussi sous des formes et en des paysages différents. Régulièrement elles forment des basses croupes faiblement convexes émergeant du bas glaciaire ; parfois elles forment des bas plateaux.

Ces bas plateaux constituent la charnière entre les plaines et glacis cuirassés d'une part, et les buttes ou lanières à sommet cuirassé d'autre part. Ces dernières ainsi que les bas plateaux se forment en effet par recul progressif des versants des ravins qui ont entaillé ces plaines et glacis. au début d'une phase de morphogénèse active. Si l'étendue actuelle de la surface cuirassée est grande par rapport à sa dénivelée avec la forme en son contre-bas, nous avons à faire à des bas plateaux ; dans le cas contraire à des buttes ou lanières, l'unité traitée au chapitre III.2.3. Le stade ultime de ce démantèlement sont les croupes gréseuses ou carapacées (parfois recuirassées) sur lesquelles ne subsiste plus rien de l'ancienne topographie cuirassée.

La nature des matériaux, les sols, la végétation et les processus morphodynamiques actuels de cette unité sont assez comparables à ceux des cuirasses des autres unités cartographiques (chap. III.2.2, 2.3 et 3.1). Les différences qui existent localement sont dues à la position de cette unité dans les paysages et l'âge généralement plus récent de la cuirasse : cuirasse souvent moins massive, végétation arbustive régulièrement assez dense, recouvrement décimétrique assez fréquent par un matériau limoneux ou limono-sableux dû à des apports par ruissellement ou au démantèlement de la cuirasse sous-jacente

Les conditions sur les versants des ravins dans cette surface cuirassée comme sur ceux délimitant les bas-plateaux sont toutes autres ; elles se rapprochent des versants des buttes et lanières à sommet cuirassé (cf. III.2.2 et 2.3) et ne seront donc pas de nouveau développées ici.



Il y a une différence avec les versants précédents du fait que leurs pieds peuvent être constitués d'un matériau d'apport formant un petit glacis colluvial, entaillé, comme le bas glacis. Il en diffère par la pente plus forte (3 à 15 %) et la nature gravillonnaire ou concrétionnaire des matériaux. Ceux-ci subissent une évolution ferrugineuse ou brunifiante souvent contrecarrée par l'hydromorphie saisonnière qui a conduit à maints endroits à leur induration (Ex. profils 44, 88 et 105). Ceci est localement aussi le cas au pied des versants délimitant les reliefs à sommet tabulaire cuirassé. (2 et 3ème unité)

### 3.2.2 influence de la faune et de la flore sur l'évolution des cuirasses et des sols

L'activité de la faune et de la flore joue un rôle capital dans la compréhension de l'évolution et la nature des matériaux superficiels des cuirasses. Les racines pénètrent dans les fissures et font, en grossissant, éclater la cuirasse. Le fer est solubilisé par les acides humiques libérés par les racines et les substances organiques en décomposition, et est entraîné ensuite par les eaux de drainage\*

Le sommet de la cuirasse devenu ainsi moins massif est le siège de bioturbation\*\* ; certains insectes pénètrent même dans la cuirasse dont ils remontent les parties déferruginisées ou mal indurées.

Ces animaux fouisseurs peuvent remonter cette terre fine en surface. Ils le font sous forme de petits monticules de terre meuble aux débouchés de leurs galeries mais aussi sous forme de constructions très typiques : les termitières. Après abandon de ces édifices, la terre s'étale à la surface et va faire partie des matériaux du sol.

Malheureusement, le plus souvent, cette terre remontée en surface par les animaux fouisseurs ou libérée par la déferruginisation est entraînée par le ruissellement qui est particulièrement actif sur la cuirasse en raison de sa faible perméabilité. Le plus souvent, il ne reste qu'une rocaille de gravillons et de débris de cuirasse.

Les phacochères ont un comportement particulièrement néfaste au regard des sols des cuirasses ; ils remuent intensément les matériaux superficiels meubles pour rechercher des

---

\* pour s'accumuler de nouveau dans les matériaux meubles présents sous la cuirasse ou ceux des formes situées en contrebas des reliefs cuirassés.

\*\* modification dans l'organisation interne des matériaux sous l'effet de l'activité des animaux fouisseurs.

tubercules et favorisent ainsi l'entraînement de la terre fine par le ruissellement.

Les termitières sur les cuirasses peuvent être de 3 types différents dont chacun est caractéristique d'un milieu hydrologique particulier : les plus fréquentes sont les termitières en forme de "champignon" ; elles sont grises atteignant 50 à 100 cm de hauteur et sont caractéristiques de conditions d'engorgement important mais pas excessif en hivernage. Elles sont particulièrement nombreuses en des savanes herbeuses où les rares arbustes présents se trouvent tous sur ces termitières.

Lorsque l'hydromorphie devient très sévère, les termitières sont plus petites, toujours grises mais du type "phalloïde". Si par contre il n'y a pas d'engorgement elles sont très grandes brun jaunâtre ou brun rougeâtre et du type "château". Ces dernières se trouvent toujours sous un couvert arbustif et surtout sur les cuirasses à démantèlement superficiel en blocs.

Nota : Ces mêmes types de termitières existent aussi sur le bas glaciais et les autres formes de modelé. Le type est invariablement lié aux conditions d'hydromorphie des matériaux superficiels, sauf en ce qui concerne le type "phalloïde" qui sur le bas glaciais indique une hydromorphie intermédiaire entre celle des termitières "champignons" et celles du type "château" et sont d'ailleurs plus grandes que dans le cas précédent.

Les zones à nombreuses termitières grises, surtout du type champignon, sur le bas glaciais ne sont pas cultivées s'il y a suffisamment de terres à régime hydrique plus favorable.

### 3.2.3 les sols et les possibilités agricoles

Les sols des surfaces cuirassées sont toujours de faible épaisseur, très souvent même ils sont plutôt squelettiques et ou gravillonnaires (exemple profils 5, 34, 50, 51, 118 et 139). Les sols peu gravillonnaires sur plusieurs dizaines de centimètres sont donc rares et leurs possibilités d'ailleurs limitées par le fait qu'ils sont sujets à l'engorgement en hivernage ce qui se manifeste par la teinte grise ou beige clair. et les taches de rouille dans le profil. L'utilisation agricole des surfaces cuirassées semble limitée au pâturage extensif en hivernage.

Les versants des ravins et bas plateaux présentent un médiocre intérêt pour les cultures\* des sols, la pente importante, la présence d'affleurements rocheux ou de cuirasse etc... (cf. profils 44, 84, 85, 105). Il serait préférable d'y conserver

---

\* en raison de leur largeur restreinte, la qualité assez moyenne



la végétation permanente qui a l'avantage de bien conserver les sols et de fournir en même temps un revenu ou des produits nécessaires à la vie du village.

### 3.3 Basses croupes et glacis d'érosion carapacés (unité 7)

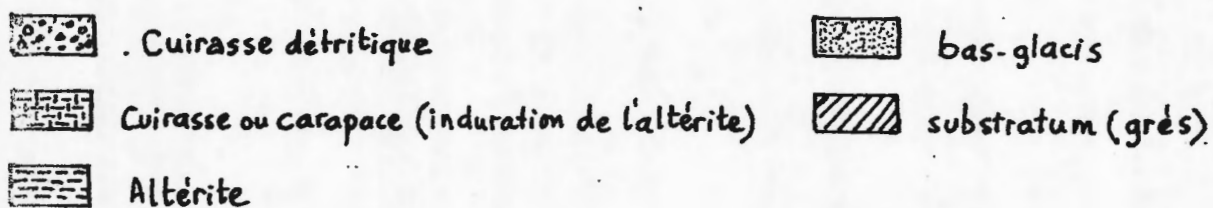
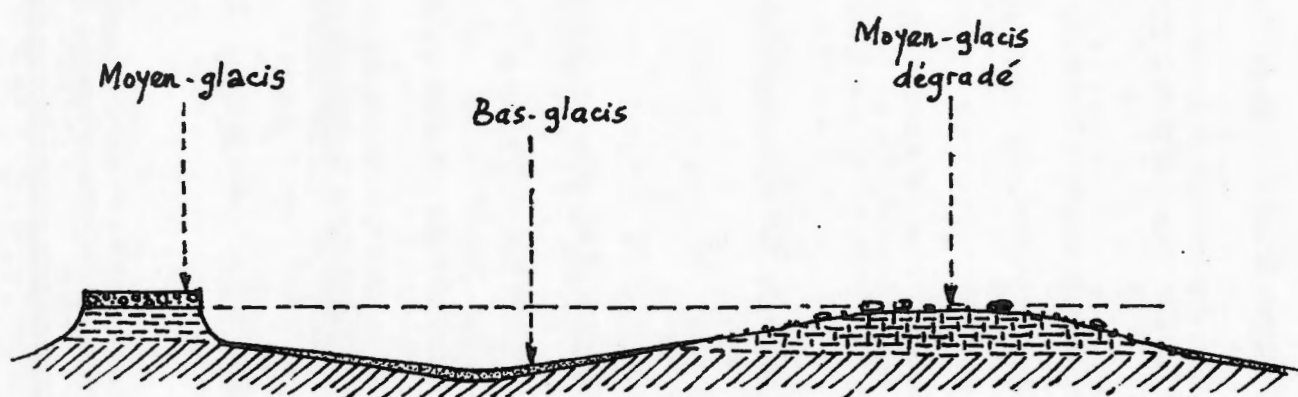
#### 3.3.1 le milieu

Dans la moitié nord du périmètre étudié, l'essentiel des interfluves émergeant du bas glacis consiste en des croupes basses et des versants peu inclinés qui sont dans leur ensemble plutôt carapacés au lieu d'être cuirassés (comme dans le cas précédent, très fréquent dans le sud) ou gréseuses (l'unité suivante, fréquente dans le nord-ouest).

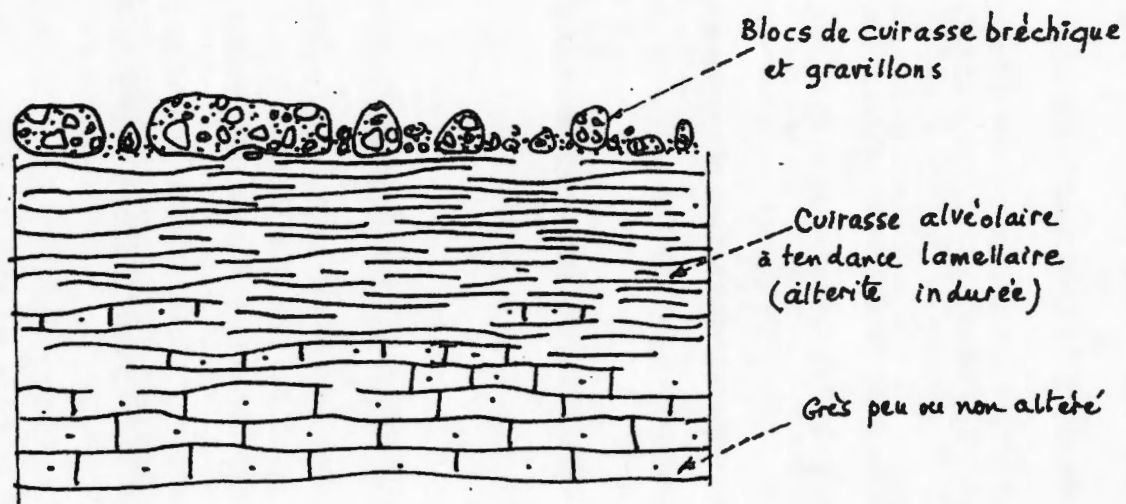
Ces formes résultent de l'érosion des surfaces cuirassées plus anciennes, notamment du moyen glacis, soit par recul progressif des versants, soit par décapage généralisé des matériaux superficiels. Ce sont donc des glacis et glacis versants d'érosion dont les produits arrachés par l'érosion se sont accumulés sous forme d'un glacis d'épandage appelé "bas glacis" à leur contre-bas et dont les matériaux sous-jacents se sont indurés.

Cette induration est généralement modérée (c'est à dire pas assez forte pour pouvoir parler d'une cuirasse) et s'est produite dans les altérites qui étaient présentes sous l'ancienne topographie cuirassée. Cette altérite pouvait être un matériau terreux mais souvent le décapage a pu atteindre le front d'altération ce qui fait que la carapace s'est développée dans un matériau encore gréseux. Ces matériaux ne sont pas très riches en fer et ne se sont donc indurés que modérément.

L'induration a été plus forte lorsque le matériau s'est enrichi en fer. Cela se produisait (et se produit encore) en bas des versants grâce à l'écoulement endodermique des eaux infiltrées qui rejoignent à cet endroit la nappe très haute régnant en hivernage aux bordures latérales du bas glacis.



### RELATIONS BAS GLACIS - MOYEN GLACIS



### CUIRASSE DU MOYEN GLACIS DEGRADÉ

Figure 9



Plus en amont, sur les versants et sur les sommets des croupes, l'induration est généralement médiocre surtout dans le nord du périmètre. Cela est lié au fait que l'on s'éloigne de la "montagne de fer" que constituent les hauts reliefs cuirassés du sud et du Fouta Djallon. (éventuellement)

Le cuirassement a par conséquent été moins important et le démantèlement plus aisé (et cela depuis l'évolution géomorphologique du Plateau Mandingue) dans le nord que dans le sud du périmètre.

Le matériau induré est recouvert de matériaux meubles. Ceux-ci proviennent du démantèlement et de la bioturbation du niveau induré sous-jacent, d'apports colluviaux ou deux processus à la fois.

Le démantèlement sur place donne généralement des matériaux très gravillonnaires, mais pas nécessairement comme nous en avons vu en III.3.2.2. Il en est de même en ce qui concerne le colluvionnement : il peut avoir laissé des produits essentiellement grossiers provenant soit de déplacements sur de courtes distances lors du recul des versants des reliefs dominants, soit d'une reprise de matériaux d'origine moins graveleux, ou au contraire être constitué de matériaux fins, provenant de transport sur des distances plus importantes. Il y a souvent dans une coupe de terrain une succession (ou mélange) de matériaux d'origine diverse qui peut varier d'un endroit à l'autre.

Du fait que (i) les matériaux non graveleux ne sont jamais présents en dessous du niveau graveleux, mais toujours au-dessus d'eux ou le niveau induré, (ii) que les matériaux de démantèlement sur place sont généralement comparables à ceux qui proviennent du colluvionnement, et (iii) que le sommet du niveau induré se trouve généralement à moins de 50 cm de profondeur, les variations en type de profil intéressant le développement des plantes sont limitées ; elles sont :

- l'intensité de l'induration et la profondeur à laquelle elle commence ;
- la nature du recouvrement\* (fin ou grossier).

---

\* en fait souvent polyphasé surtout si on tient compte des recouvrements fins peu épais qui sont très courants sur sols graveleux.

Le démantèlement de l'ancienne surface cuirassée n'a pas toujours été parfait. Il subsiste régulièrement des lambeaux de cuirasse affleurant à peine la surface actuelle, tant sur les versants que sur les sommets des croupes. Lorsqu'ils ont été mis en relief de quelques mètres, et rompent ainsi la régularité de la croupe carapacée nous l'avons signalé par une surcharge sur notre carte. Parfois, ces formes résiduelles de taille décamétrique parfois hectométrique, sont nombreuses et plus hautes :

Dans les deux cas, quelques chicots et buttes de grès peuvent être associés à ces buttes et mamelons cuirassés.

La végétation naturelle des croupes et versants carapacés est celle d'une savane arbustive assez dense qui malheureusement ne subsiste qu'en de rares endroits suite aux feux, aux coupes de bois et aux défrichements pour faire place à des cultures à proximité des villages. La végétation actuelle est plus claire et à base de Combretum, espèce résistant aux feux ; elle est à kapokier en cas de sols sujets à l'engorgement prononcé en hivernage.

Les champs ouverts sur cette unité sont généralement situés sur les terres dans lesquelles l'engorgement en hivernage est modéré, l'induration peu développée ou ne commençant que vers 40-50 cm de profondeur et qui ne contiennent en outre peu de gravillons dans les matériaux superficiels. Ces champs sont cultivés pendant 1 ou 2 années puis abandonnés car les rendements deviennent trop faibles. Les risques d'échec des cultures sont d'ailleurs importants en raison de la médiocre qualité des sols. C'est la raison pour laquelle ces champs appartiennent aux femmes et se trouvent à proximité des villages ou campements car les déplacements sont ainsi limités. Ces terres profitent en outre du fumier laissé par les troupeaux de bovins parqués la nuit au voisinage des villages.



Les terres de l'unité sont le siège d'un ruissellement important en hivernage qui appauvrit le matériel superficiel en argile et limon fin, entraîne le cas échéant un glaçage des sols et provoque parfois du ravinement dans le bas glacis situé à son contre-bas. Sous cultures traditionnelles, le ruissellement conduit parfois au décépagement lorsque les champs exploités sont grands.

Les croupes et versant carapacés forment donc un milieu assez fragile mais qui en raison de la résistance qu'offrent les gravillons et le matériau induré, évolue lentement dès que les matériaux superficiels fins ont disparu ; la pente est en effet trop faible pour provoquer sous les conditions climatiques actuelles du ravinement.

Les basses croupes et versants carapacés constituent la majeure partie des interfluves émergeant du bas glacis dans la moitié nord du périmètre et forment l'élément essentiel des paysages dans cette région. Celle-ci comprend le plus souvent seulement ces croupes et le bas glacis auxquels s'ajoutent surtout aux limites des principaux bassin-versants des buttes et reliefs à sommet cuirassé ou gréseux. Le passage de cette unité au bas glacis se fait toujours de manière progressive, sous forme de biseau.

### 3.3.2 les sols et les possibilités agricoles

Cette unité morphopédologique, très répandue dans la moitié septentrionale du périmètre, a fait l'objet de nombreuses observations dans le but de préciser sa limite avec le bas glacis et pour vérifier si la nature des sols et des matériaux n'était pas différente (et meilleur du point de vue agronomique) dans certaines régions.

Ceci ne semble pas être le cas. L'induration commence presque toujours avant 50 cm de profondeur et très souvent les

matériaux meubles sont gravillonnaires dès la surface, surtout lorsque le niveau induré commence à moins de 30 cm.

L'hydromorphie est très discrète, parfois inexistante dans les sols graveleux; elle est généralement nette dans les sols non graveleux, surtout lorsqu'ils reposent sur un niveau fortement induré. En l'absence d'hydromorphie, les sols subissent une évolution ferrugineuse.

Tous ces sols peu profonds, y compris ceux des cuirasses des unités précédentes, ont aussi du point de vue analytique de nombreux traits communs :

- texture de la fraction fine : toujours grossière en surface (sable limoneux à limon très sableux à 5-15 % d'argile et moins de 10 % de limon fin) mais plus fine en-dessous (limon ou limon argileux en règle générale)\*
- matière organique : très faible, 1 à 2 %, plus forte sous vieille jachère
- phosphore : teneur très faible, 50 à 200 ppm, généralement comprise entre 100 et 150 ppm
- complexe d'échange : capacité faible (2-8 mé/100 g) ; saturation en bases variable en surface mais toujours inférieure à 40 % en dessous
- pH : 5,5 à 6,3 en surface, plus bas en dessous (4,5 à 5,6).

Les résultats détaillés de tous les profils prélevés figurent dans l'annexe accompagnée de leur description morphologique. De leur étude il ressort qu'il existe des différences liées au régime hydrique des sols : les sols ferrugineux sont souvent mieux pourvus en bases échangeables et leur complexe d'échange est moins désaturé que celui des sols hydromorphes ; le rapport C/N en surface est supérieur à 12 dans les premiers sols, inférieur dans les autres. D'autres différences existent mais semblent surtout être liées à des variations en origine des matériaux.

---

\* cf. sous "bas glacié" pour l'explication (chap. 4.1)



Ce sont donc des sols mal pourvus en éléments nutritifs qui en outre possèdent des caractères très médiocres comme support pour les cultures : faible volant hydrique, profondeur très limitée, charge souvent très importante en éléments grossiers... Ils ne conviennent de ce fait pas à une agriculture intensive demandant des sols pouvant donner des haut rendements et cela chaque année, d'autant plus qu'il ont d'autres contraintes qui sont : profondeur irrégulière du sol exploitable par les racines, présence d'affleurements, engorgement saisonnier localement très prononcé...

Il est donc préférable de laisser ces terres sous un couvert végétal permanent, herbacé ou ligneux d'autant plus qu'une mise en valeur inconsidérée de ces sols risque de déclancher de l'érosion sur les terres du bas glacis à leur aval, qui eux par contre possèdent les qualités pour une agriculture à hauts rendements.

En attendant ces hauts rendements, les terres des croupes et versants carapacés continueront d'être exploitées pour des cultures annuelles\* Il convient donc de rechercher et de vulgariser des variétés et techniques adaptées à ces sols ; l'agriculteur sera lui-même plus apte pour trouver à l'intérieur de cette unité les meilleures terres.

### 3.4 Basses croupes, bas plateaux et glacis gréseux (unité 8)

#### 3.4.1 le milieu

Toutes les formes peu contrastées de modelé à pente généralement faible ou modérée et développées sur des grés ont été regroupées en une seule unité. Celle-ci comprend les basses croupes et les glacis versants gréseux et les plateaux gréseux de faible hauteur situés aux limites des principaux versants.

Le fait que le grés non altéré se trouve en (ou proche de la) surface de la forme entraîne des changements dans la topographie de la forme par rapport à l'unité précédente qui lui est d'ailleurs génétique et géographiquement très proche. Elle est moins régulière et montre une influence structurale : présence de

---

\* les meilleures évidemment et cela principalement dans les régions densément peuplées.

chicots et petites buttes gréseuses, de petits escarpements aux limites des formes, de petits gradins suivant l'empilement des bancs de grés sur les versants les plus forts, des ravins qui ont emprunté le plus souvent les diaclases et failles existantes, etc.. La pente générale est souvent aussi plus forte et peut atteindre 10-12 %.

Les matériaux superficiels de cette unité consistent soit en grés affleurant en dalles ou chicots, régulièrement lapiézés ou d'aspect ruiniforme\*, soit en matériaux meubles. Ces derniers peuvent être graveleux et reposent dans ce cas directement sur le substratum rocheux, être gravillonnaires parfois même indurés et reposer sur des grés peu altérés ou des grés ferruginisés, ou être fins et recouvrir une des successions précédentes. Souvent il y a imbrication complexe de toutes ces possibilités, raison pour laquelle il n'est guère possible de faire des cartes détaillées de cette unité.

Ces formes gréseuses peu contrastées existent principalement dans le nord du périmètre ; les altérites anciennes y ont été moins épaisses et l'induration des cuirasses moins importante que dans les régions plus méridionales ce qui a permis cette évolution lors de la mise en place du bas glacis. Il est d'ailleurs souvent mal aisé de déterminer la limite entre l'unité présente et l'unité précédente ; elles peuvent se cotoyer sur un même versant au pied d'un relief gréseux ou sur une même croupe.

Dans l'extrême nord-ouest, aux environs de Toukoto, les versants et croupes à pente modérée peuvent avoir un matériau schisteux au lieu de gréseux ou carapacé. (présence de pelites).

La végétation actuelle est une savane arbustive claire, d'aspect comparable à celle sur carapace mais dont les espèces dominantes peuvent être différentes, plus xérophiles.

En raison de la faible perméabilité du substratum rocheux et la faible capacité de stockage d'eau dans les matériaux

\* figures particulières de corrosion, très fréquentes sur les formations calcaires sous les climats tempérés, mais existant sur des roches très diverses dans la région inter-tropicale.



superficiels, le ruissellement en hivernage est important. Il lave les surfaces rocheuses et l'horizon superficiel des sols et provoque après concentration des eaux ruisselées, l'approfondissement des ravins existants dans cette unité parfois, du décapage et entaille dans des formations meubles à leur contre-bas. Des défrichements inconsidérés peuvent accélérer les derniers processus s'ils concernent de grandes étendues.

Malgré l'importance de cet écoulement superficiel, l'évolution géomorphologique de ces formes est lente car les grés sont réfractaires à l'érosion, les pentes somme toutes modérées et il n'y a pas de météorisation importante pour favoriser le départ des matériaux

#### 3.4.2 les sols et les possibilités agricoles

L'unité consiste pour l'essentiel en des affleurements gréseux ou en sols peu profonds, gravillonnaires ou graveleux dès la surface <sup>ou</sup> à partir de quelques centimètres. Des sols non graveleux plus profonds existent mais sont rares et se présentent toujours en des plages isolées.

Le type d'évolution des sols, lorsqu'il est perceptible, est hydromorphe ou ferrugineux en fonction des conditions de drainage. Ceci a des conséquences sur le taux de saturation en bases, le rapport C/N et l'assimilabilité du phosphore ainsi que sur l'aspect du sol : grisâtre ou beige clair en cas d'hydromorphie, jaune vif s'il y a ferruginisation.

Tous les sols ont une texture plutôt grossière en surface devenant généralement plus fine en profondeur sauf dans les milieux à grés essentiellement quarzitiques.

Les caractères physico-chimiques et chimiques sont donc voisins de ceux des autres sols peu profonds sur cuirasse ou carapace, et nous y renvoyons le lecteur pour plus de précisions ainsi qu'aux résultats et descriptions des profils 11, 20, 35, 43, 80, 81 et 151 dans l'annexe.

Les contraintes de cette unité à l'utilisation agricole

sont très importantes . On n'y trouve d'ailleurs presque pas de champs ; ceux qui existent se trouvent toujours aux endroits les plus favorables. Il ne semble guère possible de faire autre chose qu'une exploitation pastorale ou "forestière" très extensive, ou encore mieux d'en faire une réserve naturelle.



#### 4. LES FORMES D'ACCUMULATION

##### 4.1 Glacis d'épandage ou bas glacis (unités 9, 10 et 11)

Au contraire des unités précédentes, le "bas glacis" possède les qualités requises pour un développement agricole intensif. Du fait que cette unité de paysage couvre une large proportion de paysages présents dans le centre et le nord du périmètre et que son importance pour le Mali-agricole dépasse largement les limites de l'étude, nous y consacrons une attention toute particulière

##### 4.1.1 le milieu

##### 4.1.1.1 le modelé et les unités cartographiques

Lié au réseau de drainage actuel, le bas glacis représente la zone d'accumulation de la dernière phase de morphogénèse importante et généralisée dans l'histoire géomorphologique du Plateau Mandingue ; c'est une forme contemporaine des croupes carapacées et gréseuses (chap. III.3.3 et 3.4) qui elles résultent surtout de décapage de la topographie mi-pléistocène.

Le bas glacis se présente généralement comme une plaine à profil transversal légèrement déprimé et à pente très faible, inférieure à 1 % le plus souvent, qui augmente progressivement en bordure du bas glacis pour y atteindre 2 % ; parfois il forme un glacis purement colluvial et dont la pente peut atteindre 6 %, ou une plaine alluviale de pente très faible. Il est donc essentiellement constitué d'apports latéraux, des colluvions provenant des interfluvés avoisinants qui au centre de la plaine ont subi l'influence de transports longitudinaux. La granulométrie des matériaux est dans les deux cas comparable, elle est généralement limoneuse à limono-argileuse.

Quelquefois, ces transports longitudinaux ont pu former une levée basse à la fin de la mise en place du bas glacis dans la partie méridionale des plaines des principales rivières. Cette

levée est assez bien développée le long du Bakoy.

Lorsque le bas glacis se trouve en contre-bas et dans le prolongement naturel de formes d'aplanissement, la transition entre les deux unités est toujours progressive et se fait sous forme d'un biseau qui peut être étendu ; son contact avec les formes de dissection est par contre toujours brutal.

Pour des raisons pratiques, la limite latérale du bas-glacis a été fixée à une épaisseur de 50 cm de matériaux non graveleux, car au-delà de cette limite les possibilités agricoles diminuent singulièrement. Cette limite ressort généralement assez bien des photos aériennes une fois qu'on a étudié les sols des différents paysages.

Le bas glacis a été entaillé par un réseau de drainage parfois profondément encaissé, dont l'essentiel s'est formé déjà peu après la mise en place des épandages. Ceci a modifié le régime hydrologique des sols et par là, leur évolution et leurs possibilités agricoles. Du fait que la densité de ce réseau ou sa profondeur change d'une région à l'autre, les conditions de pédogénèse et les possibilités agricoles y sont différentes ; c'est la raison pour laquelle nous avons distingué deux unités à l'intérieur du bas glacis pour tenir compte de ces différences :

Une première unité regroupe les parties qui sont dans l'ensemble mal drainées et sujettes à un engorgement accusé en hivernage. Dans la deuxième, de loin la plus répandue, l'engorgement saisonnier est moins marqué ou moins général et parfois même inexistant ; la variation spatiale en type de sol et en régime hydrique y est donc relativement importante. Une troisième unité a été distinguée pour mettre en évidence les glacis colluviaux à matériaux plutôt grossiers et à pente relativement forte qui se trouvent aux pieds de certains reliefs gréseux.

Ce même matériau plus grossier se présente dans le nord parfois sous forme de mamelons peu élevés sur le bas glacis. Ceci nous a amené à les considérer comme des dunes très obli-térées mises en place lors de la phase d'aridification accompagnée d'actions éoliennes (chap. II.2.3).



Localement, les matériaux d'épandage ne proviennent pas d'altérites ferrallitiques ou de grés altérés mais de dolérites. La nature de ces matériaux, leur évolution pédologique etc sont très différentes, raison pour laquelle les caractéristiques de ce milieu sont exposées séparément.

Le bas glacis occupe des étendues importantes dans la moitié nord du périmètre précisément dans les mêmes régions où les interfluves sont essentiellement constitués de formes non cuirassées ; il est très mal représenté dans le sud ainsi que dans le nord-est où le bas glacis existe surtout sous forme de plaines étroites le long des principaux cours d'eau et en amont de seuils.

Il y a pour cela deux raisons, car pour qu'il y ait épandage, il faut d'abord une fourniture abondante de matériaux, puis la possibilité que ces matériaux se déposent au lieu d'être emportés au loin. Ces conditions étaient les mieux réalisées dans les situations précitées : pente générale faible, fourniture abondante de matériaux provenant d'interfluves peu résistants à l'érosion et surtout dans le nord, élargissement considérable des ravins en des vallons et vallées très évasés. Ailleurs, l'érosion est surtout restée linéaire pour y former des ravins dont le fond fut remblayé par la suite

#### 4.1.1.2 l'occupation des sols et la morphodynamique actuelle

La végétation naturelle du bas glacis est une savane arborée qui passe à une forêt claire sèche dans l'extrême sud à l'intérieur des reliefs en même temps que le climat change. La composition floristique dépend du climat mais elle est également fonction du type de sol, c'est à dire dans notre cas du régime hydrique des sols et le cas échéant, de la nature des matériaux. Cette végétation n'a été conservée qu'en de rares endroits, dans le sud principalement et plus au nord sur les plaines subissant un engorgement prononcé en hivernage\*

---

\* La strate ligneuse comprenant, surtout des *Daniella oliveri* et des *Connarus africanus* est dans les endroits les plus humides groupée en petits bosquets installés sur les anciennes termitières.

Un bel exemple montrant la densité du couvert ligneux d'autrefois est fourni par le bois situé à côté de la mission catholique à Faladié. C'est un enclos de quelques hectares protégés contre les feux, les coupes et les défrichements depuis seulement une trentaine d'années situé, sur l'épaule du bas glacis, qui comprend surtout des *Isoberlinea dalzielli* et des *Pterocarpus erinaceus*.

La couverture végétale actuelle diffère fortement de la couverture naturelle suite aux défrichements, aux coupes ou tout simplement aux feux de brousse. Ces pratiques se font déjà depuis fort longtemps car à plusieurs endroits, nous avons retrouvé des restes de fortifications ellipsoïdales à diamètre hectométrique dont la présence était inconnue à la population actuelle.

Ces pratiques ont conduit à l'envahissement des terres par des espèces résistant aux feux et à croissance rapide (notamment des *Combretum*) et la disparition des autres sauf le Karité. (et dans le nord, le Néré et le Tamarinier).

Tous les types de peuplement intermédiaires entre la végétation naturelle et ceux des champs cultivés presque chaque année, existent. L'extension de cette dernière catégorie de peuplement est en progression constante surtout le long du Badinn-Ko.

Cette dégradation du couvert naturel et l'exploitation de terres pour les cultures ne sont pas restées sans conséquences pour les possibilités agricoles du milieu. Sous végétation naturelle ou couvert permanent, les processus morphodynamiques sont peu intenses; ils n'y entravent nullement le développement des sols. Lorsqu'en de pareils milieux il y a des signes d'érosion ils sont la conséquence de modifications intervenues plus en amont dans les bassins versants et qui se sont répercutées sur les berges bordant plus en aval le réseau hydrographique, ou bien des témoins de processus anciens qui ne se sont pas encore arrêtés complètement, la revégétalisation de sols profondément tronqués étant un processus assez long.



Ailleurs, l'action de l'homme a souvent rompu l'équilibre naturel. Il en a résulté une augmentation du ruissellement qui sur les terres mal protégées a pu conduire au décapage, parfois à l'incision\*, ou au contraire au recouvrement des sols par des épandages limono-sableux. Ces processus s'exercent de manière souvent discrète aux bordures latérales du bas glacis mais d'une manière plus visible et parfois spectaculaire le long des cours d'eau et bas fonds.

Les endroits du bas glacis qui sont (ou ont récemment été) sujets à ces processus ainsi que ceux où cette dégradation risque de se produire si une utilisation plus intensive des sols sans précautions anti-érosives devait se produire, occupent une portion importante du bas glacis ; nous avons signalé ces zones "sensibles" ou déjà érodées par des signes particuliers sur notre carte.

#### 4.1.1.3 la nature des matériaux d'épandage et de leur contact avec le substratum

Les matériaux du bas glacis ont généralement une texture assez fine, limoneuse à argileuse, qui varie de manière progressive tant verticalement qu'horizontalement. C'est un matériau à granulométrie bimodale, bien pourvu en argile et en sable fin, mais pauvre en limon fin (2-20  $\mu$ ) et sable grossier (sauf aux bordures latérales du bas glacis où la fraction de sable grossier peut être importante).

Au pied des reliefs gréseux, la texture des matériaux est plus grossière qu'ailleurs ; elle est même assez grossière lorsque la pente du glacis est relativement importante.

L'épaisseur de ces sédiments est assez variable. Bien que généralement inférieure à 5 m, sa puissance peut être nettement plus importante dans les plaines drainant un bassin versant étendu ; les observations dans les puits et les ravins ont montré que l'épaisseur des sédiments dépasse régulièrement 10 mètres!

---

\* et au sapement du bergés le long des cours d'eau.

Dans ce matériau homogène existent régulièrement des lignes graveleuses, à peine perceptibles qui résultent de brèves phases de reprise de l'érosion lors de la mise en place du bas glacis. A proximité des interfluves et de la bordure des entailles du réseau hydrographique principal, ces lignes sont parfois développées en des niveaux ou nappes centimétriques à décimétriques de gravats divers, essentiellement gravillonnaires. En bordure des cours d'eau, les graviers sont plus émoussés et la texture de la partie terreuse est grossière. Ce même matériau est habituellement aussi présent à la base du remblai.

Les épandages du bas glacis reposent sur une ancienne surface d'érosion qui tout au moins dans le nord et le centre du périmètre se trouve dans la plupart des cas dans le prolongement naturel des versants des formes d'aplanissement. Leur épaisseur diminue dans ces milieux à l'approche de ces interfluves et s'y raccorde sous forme de biseau.

La nature des matériaux formant cette ancienne surface est variable ; c'est souvent du grés dans le nord, une carapace ou cuirasse dans le sud et des altérites meubles dans le centre. Le plus souvent c'est en fait une surface dont la nature des matériaux change tant latéralement que longitudinalement dans une même vallée, généralement sous forme d'une séquence : cuirasse → carapace → altérites meubles → grés. Il est rare que tous ces matériaux soient présents dans un transect ; généralement il ne comprend que deux des différentes formes que peut avoir ce même matériau originel.

L'induration en carapace ou cuirasse des altérites de cette surface s'est produite avant leur recouvrement, lors de la phase de balayage et de la troncature de l'ancien modelé. Elle a été intense aux bordures latérales\* de ces anciennes vallées et surtout dans leur centre. Là, l'écoulement torrentiel qui a dû se produire avant le début de l'ennoyage a pu former des marmites et autres formes d'abrasion dans la cuirasse et y laisser des blocs, galets et graviers, les derniers parfois développés en bancs.

---

\* cf. chap. III.3.3.1.



La limite précise entre les matériaux d'apport et le fond de l'ancienne vallée est souvent difficile à établir en des fosses et puits sans analyses spéciales, car l'évolution de ces deux matériaux a été régie par les mêmes processus depuis la mise en place du bas glacis. Cette évolution a surtout consisté en l'altération du substratum gréseux et des débris rocheux présents dans les épandages, et en une redistribution du fer\* en milieu hydromorphe. Il y a de ce fait souvent concordance de formes entre des matériaux d'origine différente.

Ceci est notamment le cas lorsque les épandages reposent sur des altérites, mais aussi lorsqu'ils s'appuient sur une ancienne carpace ou cuirasse, d'autant plus que ces matériaux sont souvent recouverts d'un niveau de gravillons ; milieu favorable à la cimentation. La présence d'un niveau induré n'est d'ailleurs pas toujours liée à cette ancienne surface ; la cimentation a pu se produire au sein même du remblai ainsi que nous avons pu le constater à quelques endroits dans le sud (près de Galé notamment, <sup>ou</sup> elle s'est produite surtout dans des niveaux gravillonnaires).

Plus rarement c'est le processus inverse qui s'est produit ; c'est à dire démantèlement du sommet de l'induration ancienne. Nous l'avons observé dans les endroits bien drainés du bas glacis. Ce processus est par contre un phénomène très généralisé sur les interfluves carapacées ou cuirassées.

Dans le sud, les épandages peuvent s'appuyer sur une cuirasse qui n'est pas une induration qui s'est produite lors du déblaiement dans l'altérite, mais une cuirasse développée en des matériaux détritiques. C'est par exemple le cas dans les cuvettes de Ségouma et de Patéla. Les épandages recouvrent dans ce cas le haut ou moyen glacis cuirassé.

---

\* élément fondamental des carapaces et cuirasses ainsi que des nappes de gravats présents au sein et à la base du remblai, mais aussi présents dans les altérites meubles, les matériaux d'épandage et les eaux de drainage.

#### 4.1.2 les sols et les possibilités agricoles

##### 4.1.2.1 les caractères communs

Les différents sols du bas glacis ont de nombreux caractères communs : ils sont profonds, très peu structurés, poreux et bien drainants, et n'ont pas de discontinuité texturale ou structurale pouvant faire obstacle à la pénétration des racines ; leur texture est généralement assez fine, limoneuse à limono-argileuse et ils ont un bon volant hydrique. La texture de l'horizon humifère est toujours plus grossière qu'en dessous, ce qui facilite le travail du sol. L'épaisseur de ce niveau sableux s'accroît progressivement du sud au nord de 10/15 à 15/20 cm et augmente aussi en bordure du réseau hydrographique lorsque les sols n'y ont pas été décapés. Cet allègement de la texture s'exprime surtout par une diminution du taux d'argile qui a pu être la conséquence de plusieurs processus :

- lessivage d'argile. Ce processus est fréquent dans les sols ferrugineux d'après des études micro-morphoscopiques faites de sols comparables et il semble s'être produit aussi sur le Plateau Mandingue\*

Cette différenciation texturale s'est produite aussi dans les sols hydromorphes du bas glacis et également dans la plupart des sols des interfluves. D'autres processus ont donc dû s'exercer.

- appauvrissement par l'action conjuguée des animaux fouisseurs et ruissellement

et éventuellement :

- dégradation des argiles par ferrolyse,

---

\* Généralement ce processus s'accompagne d'une augmentation du taux d'argile dans l'horizon B par illuviation (lessivage vertical) qui devient ainsi plus argileux que le matériau sous-jacent. Ceci n'a été constaté qu'en de rares endroits. Nous n'avons pas non plus observé les "cutans" dans le B, mais par contre assez régulièrement que la surface des fissures naturelles au sommet du B était sableuse et rugeuse indiquant un départ des fractions fines. Les résultats de l'étude micromorphoscopique nous permettront probablement de préciser l'origine de cette différenciation texturale.



- appauvrissement par écoulement hypodermique
- déflation éolienne lors de la phase aride.

La granulométrie des matériaux du bas glacis est assez particulière : la fraction de 2 à 20  $\mu$  (limon fin) est très mal représentée et ne constitue généralement que 5 à 10 % des matériaux, indépendamment de leur teneur en argile. Le rapport "argile/limon fin" varie par conséquent fortement à l'intérieur des profils : de 0,5 à 1,5 en surface ce rapport augmente fortement dans les niveaux intermédiaires pour y atteindre parfois 6 et redescend légèrement dans les horizons profonds.

Ces sols possèdent donc de bons caractères physiques et forment un support permettant un large choix de cultures qui peuvent être conduites sans contraintes importantes quant aux dimensions des parcelles, la lutte anti-érosive etc... dès que les variétés adaptées aux climats régionaux, les fumures optimales, les dates de semis etc... ont été déterminées.

#### 4.1.2.2 les caractères propres aux sols hydromorphes et aux sols ferrugineux

Le type génétique des sols présents sur le bas glacis dépend essentiellement de leur drainage externe. Lorsqu'il est bon, les sols se rangent parmi les sols ferrugineux, dans le cas contraire nous avons à faire à des sols hydromorphes ; toutes les situations intermédiaires existent également.

#### Les sols hydromorphes

Ils sont de loin les plus répandus car ils occupent l'essentiel des plaines mal drainées\* et la plus grande partie du reste du bas glacis\*\*. Ces sols se présentent ainsi :

milieu plat (0-1 %):	termitières grises, strate arborée à base de Daniela et Terminalia en milieu naturel, à Karité et parfois Neré et Tamarinier dans les zones de culture
0-10/15 cm Ago	: gris et humifère à taches brun-rouille autour des racines ; texture limono-sableuse pauvre en argile ; structure diffuse développée et assez fine au pied des touffes d'herbe

\* unité 11    \*\* unité 10

- 10/15-40 cm : beige clair à taches rougeâtres, texture limoneuse  
Cgo1 à limono-argileuse ; structure diffuse ; poreux
- 40 - 65 cm : idem, mais éclaircissement de la couleur ; taches  
Cgo2 nombreuses souvent plus cohérentes et parfois même  
dures et nodulaires
- 65 - 80 cm : blanchâtre à très nombreuses taches rougeâtres,  
CGo1 (noires au centre des plus grandes) souvent cohérentes  
ou dures ; peu de racines ; faiblement structuré ;  
poreux
- 80 - 150 cm : blanchâtre, à très nombreuses taches rougeâtres ;  
CGo2 peu cohérentes, peu de racines ; structure diffuse ;  
poreux à assez poreux

Entre le 1er et le 2ème horizon peut s'intercaler un niveau comparable à l'horizon 2, mais sans taches. Sa couleur s'assombrit et devient plus rougeâtre ou jaunâtre en cas de passage aux sols ferrugineux. Si par contre l'engorgement en hivernage est plus prononcé, l'horizon 5 remonte aux dépens des niveaux intermédiaires et surtout du 2ème horizon.

Lorsque ce sol repose sur une cuirasse, la succession d'horizons est semblable mais il s'y intercale un niveau très riche en nodules ou concrétions qui sont souvent jointives. Ceci est fréquemment le cas aux bordures latérales du bas glacis.

Un grand nombre de ces sols hydromorphes ont été prélevés ; les résultats d'analyse et leur description figurent dans l'annexe. Le profil 129 a fait l'objet de prélèvements spéciaux en vue d'analyses particulières actuellement en cours d'exécution.

L'hydromorphie de ces sols est due à une remontée de la nappe phréatique en hivernage, qui dans les cas extrêmes peut devenir affleurante au mois d'août. La connaissance des mouvements de cette nappe est donc un préalable pour pouvoir choisir et tester les espèces et les techniques culturales les mieux adaptées ; son étude devrait être accompagnée de celle du climat car les précipitations au cours des années précédant la culture influent fortement sur ses chances de réussite (cf. chap. climat).



Afin d'élargir la gamme des cultures possibles avec un risque d'échec suffisamment bas et pour augmenter les rendements, il serait probablement nécessaire de maîtriser les mouvements de la nappe par un réseau de drainage dans les endroits où ses fluctuations sont les plus importantes ou irrégulières

Signalons que la portance des sols hydromorphes est médiocre en hivernage ; des véhicules lourds risquent de s'enfoncer si leur surface portante n'est pas suffisante.

Les sols hydromorphes paraissent également sensibles au phénomène de prise en masse, plus que les sols ferrugineux ; le matériau superficiel est généralement un peu plus argileux, il est très pauvre en sable grossier et les sols se dessèchent plus lentement après l'arrêt des pluies. Ces facteurs favorisent d'après NICOU, la prise en masse du sol superficiel ce qui se traduit ensuite par la nécessité d'un plus grand effort pour faire les travaux du sol en sec, et pour récolter les arachides.

#### Les sols ferrugineux :

Moins fréquents que les sols hydromorphes, les sols ferrugineux occupent cependant une portion importante du bas glaciais. Leur présence est toujours liée à des conditions permettant un bon drainage des matériaux superficiels. Ils se trouvent par conséquent le long de tout le réseau hydrographique pour peu qu'il soit bien individualisé sous forme de ravins, petits vallons, lits de cours d'eau encaissés .., sur des glaciais ou glaciais-cônes à pente plus forte ou à matériel plus sableux et sur les dunes. La largeur de la bande à sols ferrugineux bordant les incisions dans le bas glaciais dépend de la profondeur de l'entaille ; elle est d'environ 100 m pour 1 mètre.

Les sols ferrugineux se présentent de la manière suivante :

0-15/20 cm : matériau gris foncé, sableux, finement poreux à  
A structure diffuse

15/20-20/25 : comme ci-dessus, mais plus brunâtre ; surface  
B1 rugueuse et sableuse avec des fissures naturelles ; texture limoneuse.

- 20/25-50/80 cm : matériau jaunâtre, rougeâtre ou brun rougeâtre  
B2 finement poreux à structure diffuse ; texture limoneuse à limono-argileuse
- 50/80-100-200 : comme ci-dessus, mais de teinte plus claire et  
B3go à taches blanchâtres et/ou rougeâtres
- 100/200 cm : matériau bigarré à taches jaunâtres puis rougeâ-  
CGo tres sur fond blanchâtre ; le contraste augmente en profondeur.

Les sols à horizon B\_rougeâtre se présentent dans les situations où le drainage des matériaux superficiels est le mieux assuré soit à cause d'un excellent drainage externe, soit en raison d'un meilleur drainage interne (souvent du à une granulométrie plus grossière). Cet horizon rougeâtre est toujours épais et les taches n'apparaissent dans ces sols généralement qu'au delà de 80 cm de profondeur. Parfois sa teinte est assez foncée (brun rougeâtre) ; ceci semble dû à une plus forte teneur en substances humiques consécutive à un pédoclimat plus frais, en raison de la présence d'un couvert ligneux assez dense.

Les sols à B\_jaunâtre sont moins bien drainés, parfois à cause d'une texture plus fine mais le plus souvent c'est le résultat d'un drainage externe un peu plus difficile que précédemment. C'est la raison pour laquelle les deux types de sol se présentent souvent en séquence le long des entailles profondes dans le bas glacis.

Les taches peuvent apparaître plus haut dans le sol. Si dans la variante "modale" elles commencent toujours au-delà de 80 cm de profondeur, dans la variante "hydromorphe" elles apparaissent déjà entre 50 et 80 cm. Lorsqu'elles sont présentes dans les horizons superficiels (à moins de 50 cm de profondeur) ce qui est fréquemment le cas un peu plus haut sur le glacis, les sols appartiennent à la catégorie des sols hydromorphes développée ci-avant.

A proximité des versants cuirassés ou carapacés, les taches dans l'horizon profond peuvent devenir très nombreuses et jointives, et former une carapace (profil 31).



De nombreux profils appartenant à la catégorie de sols ferrugineux ont été prélevés pour analyses. Leurs descriptions et les résultats d'analyse figurent dans l'annexe.

Les profils 146 (variante jaune) et 149 (variante rouge) feront l'objet d'analyses particulières afin d'approfondir les connaissances concernant ces sols, très cultivés au Mali.

Les sols ferrugineux permettent un large choix de cultures à l'opposé des sols hydromorphes voisins, sujets à un engorgement intense en hivernage. Leur défaut principal est d'ordre topographique car ils sont souvent situés sur des pentes plus fortes ou dans des positions où ils risquent de recevoir une grande quantité d'eau de ruissellement ; il y a un danger permanent de décapage des sols qui malheureusement a souvent déjà eu lieu. Etant donné que les qualités nutritives pour les plantes de l'horizon B sont médiocres, surtout lorsque c'est un matériau rougeâtre, et que la formation d'un nouvel horizon humifère est un processus très lent, il est indispensable d'utiliser des techniques culturales qui empêchent l'érosion de ces sols.

La nature parfois grossière des matériaux constituant ces sols fait que leur volant hydrique peut être moindre, limitant ainsi le choix d'espèces cultivables ou obligeant le cultivateur à utiliser des variétés différentes de celles des sols avoisinants.

#### Leurs caractères chimiques et physico-chimiques

Le tableau 7 résume les caractères analytiques habituels des sols du bas glacis par type de pédogénèse. Il en ressort que les différences liées au type d'évolution sont peu importantes et qu'elles sont pour l'essentiel la conséquence logique de conditions hydrologiques dissemblables :

- saturation en bases plus faible dans les sols hydromorphes et notamment dans les horizons profonds
- rapport C/N légèrement plus élevé dans ces mêmes sols en raison d'une décomposition un peu plus difficile dans les milieux hydromorphes des substances organiques.

- capacité d'échange et volant hydrique plus forts dans les sols de plaines mal drainées en raison surtout, de la granulométrie plus fine des matériaux et probablement aussi à cause de différences dans la nature des argiles et des substances humiques.

Du point de vue support nutritif pour les plantes, les sols du bas glacis sont :

- très pauvres en phosphore total, ce phosphore est d'ailleurs peu assimilable en-dessous l'horizon humifère
- assez pauvres en azote, du fait de la faible teneur en matière organique, mais bien pourvus en potasse

Des amendements en phosphore et en azote seront donc nécessaires dans une première étape pour augmenter les rendements en cas d'abandon des jachères. Le pH en surface est satisfaisant. Il n'en est plus de même en profondeur où il décroît souvent d'une parfois de deux unités et cela dès quelques décimètres. Ceci peut être une gêne pour les cultures à enracinement profond. Un très faible rapport Ca/Mg échangeable a le même effet; de tels rapports existent régulièrement dans les sols mais seulement en des niveaux profonds.

La capacité d'échange des sols du bas glacis est médiocre, surtout dans les sols ferrugineux. Des apports d'amendement minéraux importants devraient pour cette raison être fractionnés d'autant plus que la perméabilité et le drainage dans ces sols sont importants surtout au mois d'août.

#### 4.1.3 les unités cartographiques

Le bas glacis a été subdivisé en trois unités cartographiques pour tenir compte de particularités régionales dans la nature des matériaux ou les conditions de drainage externe en raison des conséquences agronomiques de ces différences :

La première unité concerne les glacis à pente relativement forte (2 à 6 % et à matériau généralement plus grossiers qu'ailleurs sur le bas glacis. Cette unité n'existe qu'au pied de reliefs gréseux dans le nord-ouest du périmètre.



Tableau 7

**Caractères chimiques et physico-chimiques des sols du bas glacis  
(dominances)**

		<b>S. Ferrugineux</b>	<b>S. Hydromorphes</b>
<b>. <u>Texture</u></b>			
en surface	classe % argile	SL - LS 5 - 10	LS - Lf 7 - 15
en dessous	classe % argile	LAS 25 - 30	LAS - LAf 30 - 35
<b>. <u>Eau utile % (pF 2,5-pF 4,2)</u></b>			
en surface		4 - 6	10 - 20
en dessous		7 - 12	10 - 15
<b>. <u>Matière organique (surface)</u></b>			
taux (%)	(1)	0,6 - 2,5	0,6 - 2,5
Rapport C/N		9 - 11	10 - 12
<b>. <u>Phosphore (ppm)</u></b>			
total	(3)	90 - 130 (2)	90 - 130
assimilable	(3)	15 - 5	15 - 5
<b>. <u>Complexes d'échange</u></b>			
capacité (me)	en surface	2 - 3	4 - 5
	en dessous	2 - 4	6 - 8
saturation (%)	en surface	> 70	> 40 (souvent > 80)
	en dessous	40 - 70	< 20 (ou 40 à 80)
rapport Ca/Mg	(4)	2 - 1	2 - 1
<b>. <u>potasse</u></b>			
total (%)	(5)	25 - 7	25 - 6
échangeable (me)	en surface	0,20- 0,25	0,15 - 0,25
	en dessous	0,10- 0,20	< 0,20
<b>. <u>pH (eau)</u></b>			
en surface		6 - 6,5	6 - 6,5
en dessous		5 - 6	5 - 6

- 1) Valeurs fortes sous (ou après) longue jachère et végétation naturelle ; en zone de cultures valeurs comprises entre 0,6 et 1,2
- 2) Valeurs régulièrement plus fortes dans les sols ferrallitiques allant jusqu'à 250-300 ppm
- 3) Valeurs les plus fortes surtout en surface
- 4) Extrêmes 4-1/2, valeurs hautes en surface, valeurs faibles en profondeur
- 5) Valeur peu variable à l'intérieur même du profil.

Les sols sont du type "ferrugineux lessivés" à teinte vive, rougeâtre dans l'horizon B (exemple : profil 39). Leurs caractères analytiques et morphologiques s'apparentent aux sols des dunes (profils 22 et 41) ; ils sont voisins des mêmes sols mais se présentent sur des pentes moins conséquentes, décrits au chapitre 4.1.1.2.

Leur nature plus grossière fait que le volant hydrique est moindre, ce qui influe sur le choix d'espèces et de variétés d'autant plus que ces sols se trouvent dans la région la moins arrosée du périmètre. Il est donc essentiel de lutter contre le ruissellement pour favoriser la pénétration de l'eau dans le sol, surtout au début de l'hivernage ; ceci évite l'effet dépressif ou l'échec des cultures suite à une intervalle trop long entre les pluies ce qui est fréquent en cette saison.

La lutte contre le ruissellement est aussi nécessaire pour prévenir la disparition par décapage de l'horizon humifère un processus qui a déjà conduit à l'abandon de ces terres dans les régions peuplées

Une deuxième unité concerne des plaines (ou parties de plaines) mal drainées, principalement présentes dans le sud du périmètre. Leur médiocre drainage provient du fait que le réseau hydrographique est lache ou peu encaissé, ou que ces plaines se trouvent en amont de seuils. Régulièrement, les épandages recouvrent une cuirasse mise en place lors de périodes morphoclimatiques plus anciennes.

L'engorgement en hivernage est prononcé ; il est la conséquence de l'élévation de la nappe phréatique\* qui peut être si importante, qu'il en résulte une inondation de la plaine au mois d'août (cf. chap. climat).

Les sols sont donc du type "hydromorphe", sauf en bordure du réseau hydrographique encaissé. Les caractères, contraints

---

\* généralement saisonnière au-dessus des cuirasses, permanente ailleurs.



et possibilités agricoles concernant les sols profonds, de loin les plus répandus, ont été développés au chapitre 4.1.1.1. Il reste à ajouter que les contraintes, surtout hydriques, sont plus sévères et plus difficiles à corriger en bordure des versants cuirassés et en cas d'épandages peu épais, en raison de la faible épaisseur du sol, leur texture plutôt grossière, la médiocre perméabilité des matériaux sous-jacents, etc...

La majeure partie du bas glacis appartient à une troisième unité qui diffère de la précédente surtout par la présence d'un réseau hydrographique mieux développé ou plus dense par rapport à la surface occupée par le bas glacis. Les sols bien drainés du type ferrugineux occupent par conséquent une surface plus importante et il y a rarement inondation des sols hydromorphes en hivernage. Localement, en des milieux gréseux, c'est la nature grossière des matériaux qui favorise le bon drainage.

Souvent, les différents sols du bas glacis sont distribués selon une toposéquence qui, de la limite latérale jusqu'au bord de l'entaille du drain principal est la suivante :

- sols hydromorphes minéraux à pseudogley sur cuirasse ou carapace
- " " " à gley de fort battement de nappe
- sols ferrugineux lessivés, faciès jaunâtre, hydromorphes puis modaux
- " " " , faciès rougeâtre, modaux

L'importance relative de chacun de ces types de sols est très variable et dépend des conditions locales, notamment : la largeur du bas glacis et de la profondeur du drain central.

Le premier type de sol fait généralement défaut lorsque le bas glacis s'étale jusqu'au pied même des reliefs et buttes (tant gréseux qu'à sommet tabulaire cuirassé) et la séquence commence directement avec des sols profonds qui seront hydromorphes ou ferrugineux selon les conditions du drainage local.

---

\* régulièrement de teinte beige clair, parfois jaunâtre et du type ferrugineux.

La topographie du bas glacis n'est d'ailleurs pas toujours régulière. Outre les entailles nettement individualisées cette surface montre d'autres irrégularités topographiques qui sont la conséquence de la présence de petits cônes de déjection, de reprises éoliennes, de l'action humaine ou qui sont dues à la présence d'amorces de talwegs.

Cette répartition générale des différents types de sol en toposéquence d'une part et les anomalies locales d'autre part sont l'essence même de cette unité. Il en résulte que le choix d'espèces et variétés, la conduite des cultures etc... doivent être adaptés aux conditions locales lorsqu'on envisage d'utiliser au mieux les possibilités qu'offrent les sols de cette unité. C'est donc une contrainte mais dont on peut s'adapter et même profiter en cas d'exploitations situées sur cet ensemble de sols différents. Le paysan le fait lui-même déjà souvent. Dans les années pluvieuses il entretient mieux ses terres sur des sols bien drainés que sur des sols à hydromorphie prononcée, car c'est sur les premiers qu'il s'attendra à avoir les meilleures récoltes. Les années humides il fait l'inverse.

Seule une étude pédologique détaillée permettra de cartographier ces milieux différents. Cette étude pourrait être très simple mais n'aura un réel intérêt que lorsque les critères de différenciation cartographique seront déterminés. Cela n'est possible qu'après une caractérisation hydrodynamique des différents sols existants et la confrontation des résultats avec ceux de l'expérimentation agronomique pour déterminer les limites à retenir.

---

Une fraction importante du bas glacis a été affectée de surcharges pour signaler le danger potentiel ou déjà actif de phénomènes d'érosion des sols en bordure du réseau hydrographique encaissé (cf. 4.1.1.2). Ces surcharges s'étendent des deux côtés du drain central jusqu'au raccordement avec la surface originelle du bas glacis.



Lorsque l'érosion est déjà active et a décapé-et parfois raviné-les sols, l'intérêt agronomique est très médiocre et les sols nécessitent d'être protégés pour favoriser leur recolonisation par la végétation naturelle. Si au contraire; l'érosion n'est que latente, ces sols offrent de bonnes possibilités agricoles mais elles seront de courte durée si des mesures anti-érosives ne sont pas prises. Ces techniques seront généralement trop onéreuses pour des cultures annuelles, aussi est-il préférable de laisser ces terres sous un couvert végétal permanent et de consacrer ces sols à une exploitation forestière, éventuellement à des cultures arbustives.

Le passage du bas glacis proprement dit au fond des talwegs se fait de deux manières : soit par un petit versant convexo-concave (profil 115), soit par une corniche à paroi verticale prolongée à son pied par un petit glacis colluvial à pente comprise entre 3 et 7 % (profil 127).

#### 4.1.4 les milieux particuliers

##### Les milieux à argiles gonflantes :

Localement existent des sols dont la nature des matériaux et l'évolution pédologique sont très différentes d'ailleurs sur le bas glacis. On les rencontre principalement dans le nord et le centre, à proximité de buttes et versants doléritiques, sur des glacis-versants colluviaux ou des glacis versants mixtes.

La typologie, la morphologie et les caractères physiques et chimiques varient souvent d'un endroit à l'autre. Leur trait commun est que les matériaux sont plus argileux qu'ailleurs sur le bas glacis, et cela souvent dès la surface. Selon les conditions ce sont des :

- vertisols à structure fragmentaire fine, nette ou au contraire très massive (profils 33, 60 et 80)
- sols bruns entrophes tropicaux, évolués ou au contraire très jeunes, à hydromorphie profonde (profils 7 et 111)
- sols hydromorphes à pseudogley vertique (profils 44, et 112).

Parfois ces sols sont développés directement sur la dolérite (profils 33 et 88) ; la texture est dans ce cas très argileuse et la granulométrie du matériau est du type monomodale.

Le plus souvent, ces sols sont développés sur des matériaux d'apport ce qui se manifeste par une granulométrie plutôt bimodale tant que l'argilisation par néosynthèse d'argiles n'est pas trop exprimée (cf. profil 25). Fréquemment, les matériaux du sol sont polyphasés, limoneux au sommet, argileux en-dessous (profils 111, 112).

Des vertisols ont pu se former également loin des milieux doléritiques, au centre du bas glacis. Dans ce cas, ils occupent toujours des positions mal drainées : le centre non entaillé du bas glacis ou de cuvettes latérales aux bourrelets de berge bordant à certains endroits les principales rivières (profils 25 et 53).

Bien que chimiquement plus riches que les sols avoisinants, ces sols ne possèdent pas pour autant toujours des caractères très favorables aux cultures : faible perméabilité, problèmes de labour de sol, présence d'effondrements ou d'un microrelief de type "gilgai"... Souvent ces sols sont en outre très sensibles à l'érosion en nappe. L'utilisation agricole devra donc être adaptée aux caractères particuliers de ces sols. Le fait que ces caractères changent d'une région à l'autre et souvent même à l'intérieur de la même zone constitue une contrainte supplémentaire.

Une surcharge signale les parties du bas glacis où les conditions de milieux s'apparentent à celles qu'on vient de décrire.

#### Les milieux ferrallitiques :

Des sols ferrallitiques ont pu se développer localement dans le sud sur les épandages bien drainés provenant de milieu à dolérite. Ce sont des sols rougeâtres finement poreux qui diffèrent des sols ferrugineux par leur texture plus fine et plus riche en limon fin, tant en surface qu'en profondeur, une structure plutôt fragmentaire et fine en surface au lieu de massive, une plus forte teneur en matière organique et en phosphore.



Ces sols, modérément désaturés en profondeur et bien pourvus en bases en surface, forment dans le périmètre le meilleur support pour les cultures. Malheureusement, ils sont peu répandus ; nous les avons observés près de Galé (profil 47) et Sagabari (profil 48).

#### 4.2 Dépôts alluviaux récents

Le réseau hydrographique formé par entaille des épanchages du bas glacis il y a environ 30.000 ans a été remblayé partiellement par la suite. Ces remblais forment de petites plaines et bas fonds étroits, généralement discontinus et sinueux en contre-bas (de 4 à 8 m, parfois plus) du bas glacis, le long des principaux cours d'eaux et au fond des talwegs. Le plus souvent leur largeur ne dépasse pas 100 m et est même nettement moindre. Ils ne sont de ce fait pas représentables à l'échelle de notre carte. Certains sont plus étendus, mais il est rare que la largeur de ces plaines ou bas-fonds dépasse 500 m.

Ces plaines et bas-fonds sont inondés presque chaque année en hivernage et cela pendant des périodes plus ou moins brèves (ou longues). Les sols appartiennent de ce fait essentiellement à la classe des sols hydromorphes.

Le long du Bakoy, et dans le nord aussi le long des autres rivières, ces dépôts récents appartiennent à deux phases de mise en place distinctes. La plus ancienne est développée en terrasse dominant de 3 à 5 m les dépôts plus récents ; cette terrasse est parfois inondée lors de fortes crues de la rivière et est à sols ferrugineux ou hydromorphes selon les conditions locales.

Les dépôts alluviaux récents sont toujours bien drainants, indépendamment de leur texture qui est plutôt sableuse (à sable fin) dans le nord, limoneuse à argileuse dans le centre et le sud. Leur texture est plus fine dans les cuvettes des plaines et les bas-fonds "sensus stricto" que sur les levées et les petits bourrelets bordant le lit mineur.

Dans les régions agricoles, ces petites plaines et bas-fonds\*\* ont reçu un recouvrement assez sableux au cours des dernières décennies qui souvent montre encore la stratification originelle de ces dépôts. Ce processus d'alluvionnement paraît s'accélérer actuellement en des régions densément peuplées comme celle de Faladié.

Les remblais longeant les principaux cours d'eau sont encore recouverts d'une forêt ripicole. Elle a généralement disparu des petites plaines et bas-fonds affluants pour faire place à des cultures (sorgho, riz, tubercules, parfois bananes et arbres fruitiers) jachères ligneuses ou, en cas de bas-fonds à nappe peu profonde, à des savanes herbeuses.

Bien que les sols soient presque toujours du type hydromorphes, les caractères morphologiques et analytiques varient d'un endroit à l'autre en raison de changements en conditions hydrologiques et en granulométrie des sols. Etant donné que cela se reflète dans les caractères des sols et que cet ensemble de sols différents occupe une très faible portion de la région (inférieure à 0,5 %) nous nous contenterons de donner leurs caractères analytiques principaux :

- granulométrie : limoneuse à sable fin ou argileuse, mais à rapport A/L rarement supérieur à 2 (à l'opposé des sols du bas glaciais)\* et généralement comprise entre 1 et 2
- eau utile : 10 à 20 % (pondéral)
- matière organique : 1 à 1,5 % dans les sols des plaines à lit nettement individualisé, 2 à 3,5 % dans les bas-fonds ; rapport C/N variable généralement compris entre 11 et 13
- phosphore : teneur très variable (100 à 900 ppm) ; taux généralement plus fort dans les sols à texture plus fine, dans ceux situés en amont du bassin versant et dans l'horizon superficiel
- complexe absorbant : capacité d'échange et saturation en bases très variable (respectivement 5 à 20 mé et entre 10 % et saturé ; la saturation est plus forte en surface qu'en dessous

\*\* Pour des motifs de représentation cartographique, la largeur de cette unité a été très légèrement amplifiée.

---

\* caractère distinctif indépendant de l'évolution pédologique des matériaux



et meilleure dans les matériaux limoneux que dans les sols argileux.

- . pH : dans les bas fonds limoneux 5,5 à 6,5, 4,6 à 5,5 en surface puis 5,1 à 5,6 en-dessous <sup>dans</sup> les sols argileux ; 5,4 à 6,8 en surface des plaines à lit individualisé, 5 à 5,7 en-dessous.
- . K : comme dans les sols du bas glacis.

Les possibilités de développement agricole sur cette unité sont limitées d'une part en raison de leurs contraintes morphométriques (faible largeur, topographie souvent bosselée ...) mais aussi en raison des difficultés pour maîtriser l'inondation et la fluctuation de la nappe. L'utilisation devrait être adaptée aux conditions locales, surtout aux conditions hydrologiques qui d'ailleurs en raison de l'irrégularité des précipitations peuvent varier d'une année à l'autre. L'utilisation actuelle (cf. ci-dessus) paraît la mieux adaptée, mais il est souhaitable d'introduire d'autres espèces ou variétés adaptées aux différentes situations pour diminuer les risques d'échec des cultures.

## 5. LES SOLS ET LEUR DENOMINATION VERNACULAIRE

plus particulièrement ceux du bas glacis\*

La connaissance des noms vernaculaires des sols est d'un grand intérêt. Elle permet entre autre, en l'absence d'une carte pédologique détaillée, de mieux conseiller les paysans si tout au moins la recherche agronomique et la vulgarisation tiennent compte dans l'expérimentation et la formulation des conseils des particularités des différents types de sols présents dans une même région (et dans le cas présent, à l'intérieur de la même unité cartographique), ce qui est encore trop rarement le cas.

### Termes généraux :

Béré : gravillons

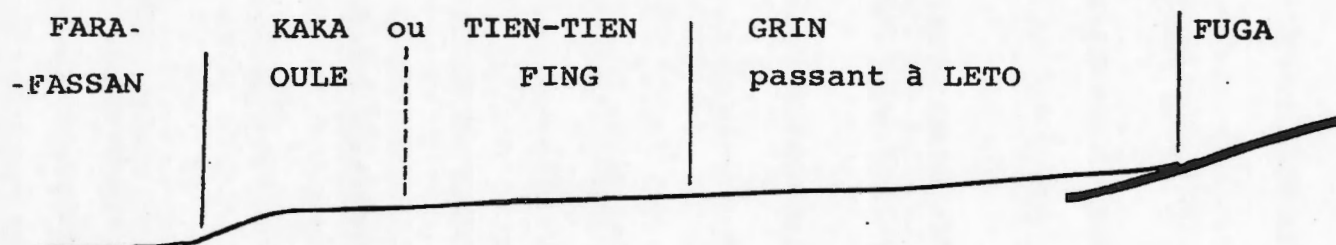
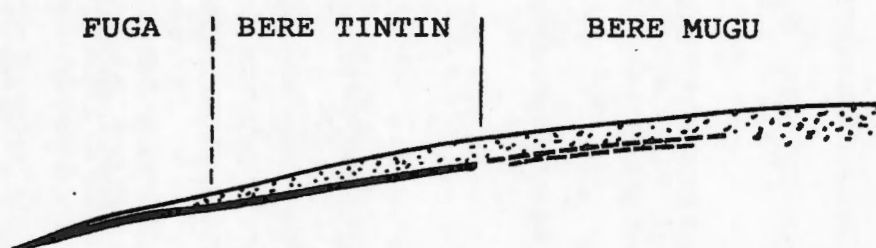
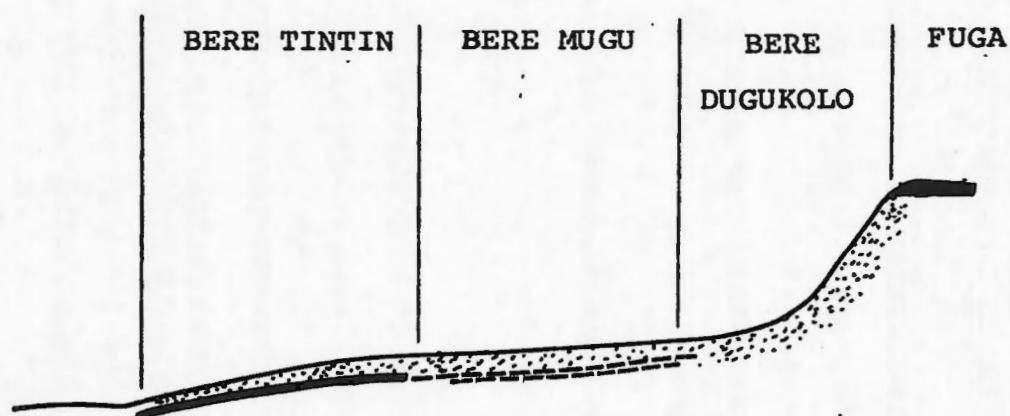
Brongué : terre gris clair utilisée pour badigeonner les cases ; extraite essentiellement des bas fonds à sols à gley

Dugukolo : sol

Fing : noir, synonyme de "riche"

Fra : rocher, désigne généralement une dalle de cuirasse

Kuru : colline, désigne généralement une butte de grés

SUR LES BAS GLACISSUR LES CROUPES CARAPACEES CUIRASSEESSUR LES CROUPES CARAPACEES DOMINEES PAR DES RELIEFS RESIDUELS

— CUIRASSE  
 --- CARAPACE  
 ▒ GRAVILLONS



Oulé : rouge, synonyme de pauvre

Kiené-kuru : colline ou rocher qui donne du sable

Manafing : pierre noire, désigne la dolérite

### Sols (cf. figure 9)

Grin : mot "malinké" qui veut dire "lourd". Ce sont des sols très répandus, à engorgement en hivernage et sur lesquels l'eau reste quelques temps après les fortes averses conviennent aux céréales (mil, sorgho) en des périodes sèches\*\* mais sont médiocres en des "périodes humides" : sols hydromorphes gris à taches et concrétions, éventuellement à cuirasse profonde

Leto : sols encore plus hydromorphes que les grins; inondés en périodes humides sous une faible lame d'eau; convenant selon le cas au riz ou au sorgho

Kaka (ou Khakha) : sols limoneux bien drainés semblables aux Tien-Tien, mais à texture plus fine dans les horizons superficiels; situés le long des rivières surtout; il en existe deux sous-types :

Kaka oulé; situés aux bordures des entailles

Kaka fing : situés plus à l'intérieur sur le bas glacis

Ce sont des sols ferrugineux lessivés rougeâtres, qui ont pu être tronqués superficiellement autrefois.

Tien-Tien : (en Bambara) ou "Kienée (en Malinké) : sable, synonyme de sols sableux bien drainés. Il en existe deux sous-types comme dans le cas précédent :

Tien-tien oulé : sols ferrugineux lessivés, rougeâtres; modaux utilisés pour le mil et l'arachide

Tien-tien fing : sols ferrugineux lessivés hydromorphes et sols hydromorphes beiges, utilisés pour le mil, l'arachide et éventuellement le sorgho

Dugukolofing : terme générique englobant le Tien-tien fing, le Kaka fing et le Grin; sols à sorgho et arachide

Beremuga : sols gravillonnaires non ou peu hydromorphes et à carapace pénétrable aux racines, situés sur des pentes faibles, fréquents sur les croupes et versants carapacés et au pied des buttes et reliefs à sommets tabulaires cuirassés; sols à arachide

Béré tintin : sols gravillonnaires (?) non ou peu hydromorphes sur cuirasse, convenant éventuellement à l'arachide, très fréquents

---

\* Données recueillies par M. BASSIROU Keita, après enquête auprès des paysans

\*\* cf. chap. II.3.2

Béré dugukolo : sols gravillonnaires à plus de terre que de gravillons, situés en contre-bas des cuirasses tabulaires (sols ferrallitiques remaniés) et cultivés en sorgho et arachide

Mangaté (en malinké) ou Katamandjé (en sarakolé) : terre argileuse collante difficile à creuser, présente en des milieux à affleurements et buttes de dolérite ; sols à sorgho (sols hydromorphes vertiques, vertisols, sols bruns vertiques, etc). Il existe deux sous-types:

Mangaté oulé : sols rougeâtres ; probablement sols ferrallitiques sur dolérite

Mangaté fing : sols noirs

Farafassan : sols de rizières situés en bas-fonds ; sols de bas-fonds à inondation prolongée ; sols à riz

Fuga : croupe, sommet ou plateau sans végétation arborée, et à sols squelettiques sur cuirasse ; pas de cultures.



## OUVRAGES CONSULTÉS

- BENSE (C.) 1961 - Les formations sédimentaires de la Mauritanie Méridionale et du Mali Nord-Occidental (Afrique de l'Ouest). Thèse Sciences Nancy. Mém. Bur. Rech. Géol. Min., Paris, n° 26. 1964, 270 p.
- BOIS (J.). 1963 - Etudes Géologiques dans la région occidentale du Plateau MANDINGUE. Ann. Fac. Sc. Dakar, Tome 10, P. 73-77 1963.
- BOUDET (G.) 1962 - Etude botanique et agrostologique de la Haute Vallée du Niger (République du Mali). Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., tome XV, N° 1, 1962., P. 75-105.
- DARS (R.). 1960 - Les formations sédimentaires et les dolérites du Soudan Occidental (Afrique de l'Ouest). Thèse Sciences Paris, Mém. Bur. Rech. Géol. Min., Paris, N° 12 (1961), 329 p.
- DARS (R.), SOUGY (J.), VOGT (J.). 1959 - Observations nouvelles sur le "Cambro-Ordovicien" du plateau MANDINGUE Occidental (A.O.F.) Bull. Soc Géol. Fr. (7), T.1, P. 137-142.
- JAEGER (P.). 1952 - Les grès de KITA (Soudan Occidental). Leur influence sur la répartition du peuplement végétal. Bull. IFAN, tome XIV, N° 1, Janv. 1952
- JAEGER (P.). 1959 - Les plateaux gréseux du Soudan Occidental. Leur importance phytogéographique. Bull. IFAN, Dakar, tome XXI, Oct. 1959, n° 4.
- MICHEL (P.). 1962 - Observations sur la géomorphologie et les dépôts alluviaux des cours moyens du Bafing et du Bakoy (République du Mali). Rapp. Bur. Rech. Géol. Min., Dakar, DAK 62-10, 39 p.
- MICHEL (P.). 1973 - Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Thèse Doc. Etat. Mém. ORSTOM, n° 63, Paris, 1973.
- NICOU (R.). 1975 - Le problème de la prise en masse à la dessiccation des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche. Agron. Trop. 1975, n° 4, P. 325-343
- RAUNET (M.). 1975 - Reconnaissance géomorphopédologique Plateau Mandingue (Mali). Rapport IRAT, 28 p., 1 carte.
- TRICART (J.), CAILLEUX (A.). 1965 - Le modèle des régions chaudes. Forêts et Savanes. Traité de géomorphologie, tome 5. SEDES Paris, 2è édition, 1974.
- VOGT (J.). 1957 - Rapport provisoire de mission sur le plateau MANDINGUE (Soudan) ARch. Bur. Rech. Géol. Min., Dakar, 24 p.